



## **AGENDA DE INNOVACIÓN DE SONORA DOCUMENTOS DE TRABAJO**

### **4.1 AGENDA DE ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN EN AEROESPACIAL**

## Índice

1.	<i>Introducción</i>	4
1.1	Introducción a criterios de priorización utilizados	4
1.2	Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización	5
1.3	Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda	5
2.	<i>Caracterización del área de especialización en el estado y en el contexto nacional</i>	7
2.1	Breve descripción del área de especialización	7
2.2	Distribución del área de especialización en México	14
2.2.1	Situación tecnológica del sector aeroespacial en México	26
2.3	Posicionamiento del estado en el área de especialización	27
2.4	Principales tendencias de la innovación en el área de especialización a nivel mundial	36
2.4.1	Nuevas tecnologías de propulsión	37
2.4.2	Mitigación en las emisiones de ruido	38
2.4.3	Desarrollo de nuevas fuentes de Energía	39
2.4.4	Aviónica (electrónica de vuelo)	39
2.4.5	Nuevos materiales y procedimientos no tradicionales de conformado	40
2.4.6	Factor Humano	41
3.	<i>Breve descripción del ecosistema de innovación para el área de especialización</i>	42
3.1	Mapa del ecosistema de Innovación	42
3.2	Principales IES y centros de investigación	44
3.2.1	Instituciones de Educación Superior	44
3.2.1	Centros de investigación	46
3.3	Detalle de empresas RENIECYT en el área de especialización	47
4.	<i>Análisis FODA del área de especialización</i>	47
4.1	Fortalezas	47
4.2	Oportunidades	48
4.3	Debilidades	49
4.4	Amenazas	49
5.	<i>Marco estratégico y objetivos del área de especialización</i>	50
6.	<i>Nichos de especialización</i>	50
6.1	Maquinados de Precisión	51
6.2	Tratamientos térmicos y químicos	52
6.2.1	Objetivos tecnológicos a conseguir por cada Nicho de especialización	53
6.2.2	Identificación de líneas de innovación por cada nicho de especialización	55
7.	<i>Caracterización de proyectos estratégicos y plan de proyecto</i>	56
7.1	Descripción de los proyectos	56
7.1.1	Parque Tecnológico Aeroespacial Regional	56
7.1.2	Red de investigación y servicios especializados en las Industrias Aeroespacial, Automotriz y Minera.	61

7.2	Proyecto complementario.	63
7.3	Matriz de proyectos	65
8.	<i>Referencias</i>	66

## Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1. Áreas y Nichos de Especialización para la Agenda Estatal de Innovación de Sonora.</i>	6
<i>Ilustración 2 Anatomía de la industria aeroespacial</i>	8
<i>Ilustración 3 Valor del mercado mundial aeroespacial en 2008.</i>	9
<i>Ilustración 4 Proporción de los ingresos por actividades MRO a nivel global.</i>	10
<i>Ilustración 5 Proyecciones del tamaño de mercado global de MRO 2008 - 2020</i>	10
<i>Ilustración 6 Balanza comercial Industria Aeronáutica en México (millones de dólares).</i>	15
<i>Ilustración 7. Histórico de personal ocupado en la Industria Aeroespacial en México.</i>	17
<i>Ilustración 8 Estructura de la industria aeroespacial en México. Actividades llevadas a cabo por las empresas.</i>	17
<i>Ilustración 9 La Industria Aeroespacial en México, ubicación y distribución geográfica</i>	19
<i>Ilustración 10 Histórico del número de empresas aeroespaciales localizadas en México de 2005 a 2011.</i>	21
<i>Ilustración 11. Exportaciones de aeronaves, vehículos espaciales y sus partes, México 2004 - 2013</i>	23
<i>Ilustración 12. México: Importaciones de aeronaves y sus partes 2004-2013.</i>	24
<i>Ilustración 13. México. Balanza comercial del sector aeroespacial 2004-2013</i>	25
<i>Ilustración 14. Ubicación de empresas de la industria aeroespacial en Sonora</i>	29
<i>Ilustración 15 Capacidades del Sector Aeroespacial y de Defensa de Sonora</i>	32
<i>Ilustración 16. Cronograma de las capacidades del sector aeroespacial y de defensa en Sonora</i>	35
<i>Ilustración 17. Mapa del ecosistema de innovación en Aeroespacial del estado de Sonora</i>	43
<i>Ilustración 18 Estructura del Parque Tecnológico propuesto</i>	60
<i>Ilustración 19. Mapa de ruta para el Parque Tecnológico Aeroespacial Regional</i>	60
<i>Ilustración 20. Mapa de ruta para la Red de investigación y servicios especializados en las Industrias Aeroespacial, Automotriz y Minera.</i>	62

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Empresas del sector aeroespacial, estructura a nivel mundial.</i>	11
<i>Tabla 2. Principales importadores de aeronaves, vehículos espaciales y sus partes (miles de dólares)</i>	12
<i>Tabla 3. Principales exportadores de aeronaves, vehículos espaciales y sus partes (miles de dólares)</i>	13
<i>Tabla 4. Divisiones de certificación.</i>	14
<i>Tabla 5 Valor de los principales productos exportados por el sector aeroespacial entre 2008 y 2001 (Millones de dólares).</i>	16
<i>Tabla 6 Principales clústeres de la Industria Aeronáutica en México.</i>	20
<i>Tabla 7. Vocaciones y estrategias de cada estado en la industria aeroespacial.</i>	22
<i>Tabla 8. Destino de las exportaciones Mexicanas de aeronaves y sus partes, 2009 – 2013.</i>	24
<i>Tabla 9. Principales tendencias de la innovación en la industria aeroespacial.</i>	26
<i>Tabla 10. Empresas del sector aeroespacial en Sonora.</i>	30
<i>Tabla 11 capacidades instaladas de las empresas de la industria aeroespacial en Sonora son las siguientes</i>	31
<i>Tabla 12. Impacto de la Industria Aeronáutica en Sonora.</i>	33
<i>Tabla 13. Matriz de proyectos</i>	65

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción a criterios de priorización utilizados

La Agenda Estatal de Innovación de Sonora tiene por objetivo identificar las principales áreas estratégicas en materia de innovación, para ser desarrolladas en los próximos años. El documento se integra por las Agendas Sectoriales de Innovación, correspondientes a cada Área de Especialización (sector económico), definida para el Estado, en función del desarrollo de capacidades que fomenten el mejoramiento de las condiciones económicas, políticas, educativas, sociales y ambientales de la población.

A su vez, las Agendas Sectoriales desarrollan las líneas de innovación para fortalecer cada Área de Especialización e impulsar los Nichos identificados, mediante la propuesta de proyectos específicos, con base en los recursos de la entidad.

La Agenda Sectorial de Innovación en Aeroespacial de Sonora tiene por objetivo identificar los ejes estratégicos de acción para detonar actividades de innovación; para ello se toma en cuenta la vocación del Estado y las oportunidades de mercado que se vislumbran. Como resultado, se proponen Nichos de Especialización y proyectos específicos acordes con las fortalezas detectadas en materia de infraestructura, recurso humano, localización geográfica y capacidades tecnológicas para promover la innovación empresarial y la diversificación productiva con una perspectiva de mediano y largo plazo.

El Área de Especialización en Aeroespacial fue seleccionada por líderes de opinión y representantes del sector empresarial, académico y gubernamental que integran el Grupo Consultivo del estado, quienes basados en criterios socioeconómicos, científico-tecnológicos y de mercado identificaron al sector minero como un área que potencializa a sub-sectores económicos importantes para Sonora como son: maquinados de precisión y tratamientos térmicos y químicos.

## 1.2 Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización

El punto de partida fue el reconocimiento de problemas y oportunidades para el desarrollo competitivo del Estado para, en función de éstos, priorizar la generación y aplicación de conocimiento en plataformas tecnológicas dentro de áreas de especialización que pudieran impactar la solución de problemas críticos del área, así como en el aprovechamiento de las oportunidades percibidas y jerarquizadas por los actores del ecosistema de innovación.

Para la selección de Áreas de Especialización se usó un modelo de priorización basado en indicadores económicos, sociales, de oportunidad de mercado y de desarrollo tecnológico (capacidades físicas y humanas, así como la experiencia y vocación del estado).

La decisión se tomó mediante un análisis específico del Comité de Gestión en función de la pertinencia para el estado y dicha decisión fue validada por el Grupo Consultivo.

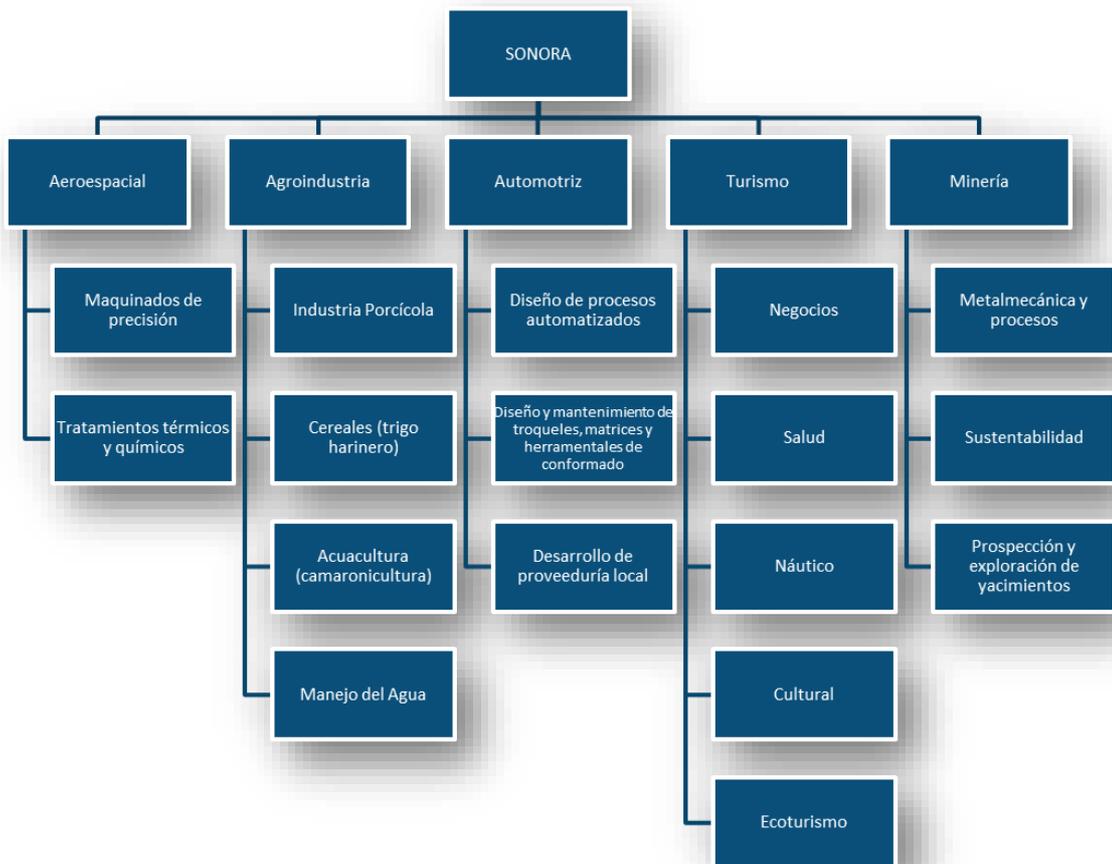
## 1.3 Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda

A través de la Agenda Estatal de Innovación, con cada uno de los sectores se busca hacer recomendaciones de política en materia de innovación y desarrollo tecnológico que ayuden a cerrar las brechas de desventajas en cada uno de los sectores. Así como promover un crecimiento inteligente, basado en el conocimiento y la innovación, un crecimiento sustentable, promoviendo una economía verde, eficiente y competitiva y

un crecimiento incluyente, fomentando un alto nivel de empleo y logrando una cohesión económica, social y territorial.

Las áreas y nichos de especialización seleccionados por el Comité de Gestión y el Grupo Consultivo del estado de Sonora para el desarrollo de la Agenda Estatal de Innovación se muestran en la Ilustración 1.

**Ilustración 1. Áreas y Nichos de Especialización para la Agenda Estatal de Innovación de Sonora.**



Fuente: CamBioTec, 2014

## 2. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN EN EL ESTADO Y EN EL CONTEXTO NACIONAL

### 2.1 Breve descripción del área de especialización

La industria aeroespacial es la industria que se ocupa del diseño, fabricación, comercialización y mantenimiento de aeronaves (aviones, helicópteros, vehículos aéreos no tripulados, misiles, entre otros), naves espaciales y cohetes, así como de equipos específicos asociados (propulsión, sistemas de navegación, entre otros). La industria aeroespacial es la aplicación de las actividades de la aeronáutica a los vuelos al espacio exterior.

Existen diferentes maneras de clasificar las áreas que integran a la industria aeroespacial, entre ellas se tiene (FEMIA, 2012), (AEM, 2014):

- a) Desde la perspectiva de sus distintos segmentos o niveles de producción en la cadena de valor:
  - **Empresas integradoras “OEM’s”** (*Original Equipment Manufacturer*). Dedicadas al diseño, ensamblaje o manufactura de las aeronaves.
  - **Contratistas de primera línea “Tier 1”** Dedicadas al ensamble mayor de sistemas primarios de las aeronaves (sistema hidráulico, neumático, tren de aterrizaje, motores).
  - Los **subcontratistas “Tier 2”**. Fabricación de componentes maquinados y subensambles de diversos sistemas primarios y secciones menores.
  - **Proveedoras de tercer nivel y de servicios de mantenimiento**. Producción especializada de elementos y componentes menores bajo procesos específicos no complejos.

Ilustración 2 Anatomía de la industria aeroespacial



Fuente: (Gobierno del Estado de Sonora, 2013)

b) Desde la óptica de los productos fabricados:

- **Sistemas y estructuras.** Sistemas completos y/o células para aviones, helicópteros y planeadores, instalaciones en el suelo, subsistemas y partes, piezas sueltas y mantenimiento.
- **Motores y sus partes:** Motores de explosión, turbo propulsores, turborreactores, piezas sueltas y mantenimiento, destinados al montaje en los sistemas de aeronaves.
- **Equipos (sistemas eléctricos-electrónicos y aviónica).** Productos acabados, subsistemas eléctricos y sus partes, piezas sueltas incluidos equipos destinados al montaje en los sistemas de aeronaves y simuladores de pruebas y de entrenamiento en el suelo.
- **Otros.** Componentes para el sector espacial, misiles y armamento en general.

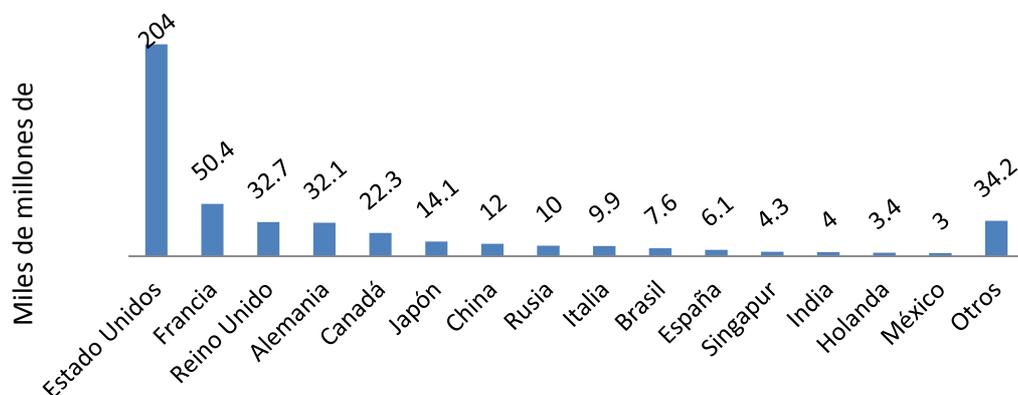
En relación con la fabricación, se desarrolla asimismo una industria auxiliar destinada al mantenimiento, reparación y modificación de aeronaves. Este segmento es conocido como MRO (*maintenance, repair, and overhaul*<sup>1</sup>) y abarca un gran número de actividades que se pueden clasificar en cuatro rubros (COLEF, 2006):

<sup>1</sup> Mantenimiento, reparación y revisión

- **Distribuidores de partes y componentes.** Empresas que mantienen inventarios de partes y componentes para la venta, como refacciones para aviones. En ocasiones con soporte de los fabricantes.
- **Talleres de reparación mayor y modificación de aeronaves.** Servicios que implican poner las aeronaves en tierra por periodos largos para mantenimiento mayor, por ejemplo el desmantelamiento de aviones (hasta quedar la estructura básica) para inspección total.
- **Talleres de reparación de componentes mayores de aeronaves.** Dedicados a reparar los componentes principales del avión como tren de aterrizaje, motores, control de vuelo, entre otros.
- **Talleres de reparación de componentes menores de aeronaves.** Servicios complementarios como reparación de asientos, cocinas, baños, fabricación de nuevos interiores para cabina de pasajeros, instalación de nuevos sistemas de navegación o de seguridad aérea.

La industria aeroespacial es un tipo de industria que se mantiene en una continua innovación y en el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales. De acuerdo con el estudio de *Aero Strategy* (DELOITTE, 2009), el valor del mercado mundial aeroespacial ascendía a 450 mil millones de dólares en 2008. Poco menos de la mitad corresponde a las ventas de productos estadounidenses (45% del valor mundial), sin embargo en la escena mundial están creciendo países como China, Brasil, India, Singapur y México que, en su conjunto, representan el 7% de la industria global en ventas.

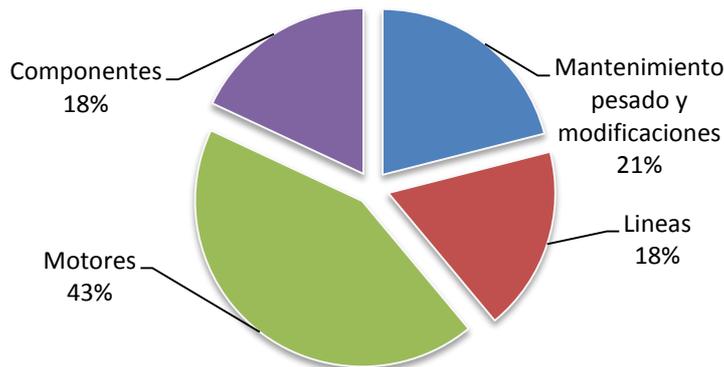
**Ilustración 3 Valor del mercado mundial aeroespacial en 2008.**



Fuente: (DELOITTE, 2009)

El segmento de MRO de la industria aeroespacial global representa un importante valor. En promedio, la industria aeroespacial pasa más tiempo al año en MRO que en la fabricación o el desarrollo de los aviones. La mayor parte de los ingresos de MRO se derivan del mantenimiento de motores (43%), seguido del mantenimiento pesado y las modificaciones (21%) (Hustler, 2011).

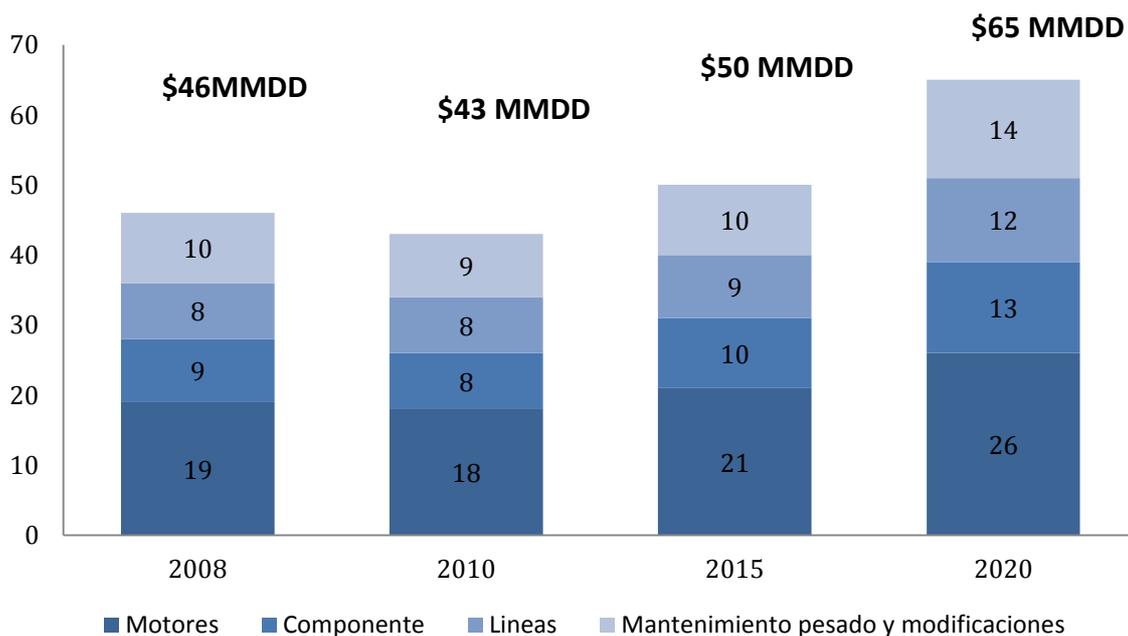
**Ilustración 4 Proporción de los ingresos por actividades MRO a nivel global.**



Fuente: Aerospace Global Report (Hustler, 2011)

De acuerdo con Hustler, se espera que para el año 2015 la industria de MRO global genere un valor de \$50 mil millones de dólares, mientras que para el 2020 la expectativa es \$65 mil millones de dólares. Ello implica una tasa de crecimiento anual calculada de 3.5 % y de 5.3% durante 2010-2015 y 2015-2020, respectivamente (Hustler, 2011).

**Ilustración 5 Proyecciones del tamaño de mercado global de MRO 2008 - 2020**



Fuente: Aerospace Global Report, (Hustler,2011)

Los centros más importantes de desarrollo industrial aeroespacial son dos: Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) y Europa Occidental (principalmente Francia, Alemania y el Reino Unido). Actualmente, cerca del 45% de las inversiones mundiales totales en el mundo se destinan a actividades de mantenimiento y reparación (MRO); el 36% al sector manufacturero, y el 19% a tareas en ingeniería e investigación y desarrollo.

En el periodo 2005 a 2010 el sector aeroespacial experimentó un crecimiento anual del 10% y se espera un crecimiento optimista en los próximos cinco años que puede alcanzar una tasa del 13 % en 2015 (SE, 2012).

La Tabla 1 presenta la estructura de la industria aeroespacial en el mundo (OECD, 2010), se observa que las compañías fabricantes de avión en los Estados Unidos – *Boeing, Lockheed Martin, Northrop Grumman, General Dynamics, Raytheon, L-3 Communications, Goodrich, Precision Castparts y Rockwell Collins* –tuvieron ventas de aviones en 2010 por 247.17 mil millones de dólares que representan el 55.08 % de las ventas totales.

**Tabla 1. Empresas del sector aeroespacial, estructura a nivel mundial.**

Compañía	País	Ventas (miles de millones de dólares)	Valor del mercado (miles de millones de dólares)
<b>Boeing</b>	Estados Unidos	68.28	48.45
<b>EADS</b>	Holanda	61.44	16.75
<b>Lockheed Martin</b>	Estados Unidos	45.19	29.61
<b>Northrop Grumman</b>	Estados Unidos	33.76	19.08
<b>BAE Systems</b>	Inglaterra	32.91	19.99
<b>General Dynamics</b>	Estados Unidos	31.98	28.51
<b>Raytheon</b>	Estados Unidos	24.88	21.53
<b>Finmeccanica</b>	Italia	20.94	7.49
<b>Bombardier</b>	Canadá	19.44	9.68
<b>Thales</b>	Francia	17.96	7.67
<b>Rolls-Royce Group</b>	Inglaterra	16.82	15.57
<b>L-3 Communications</b>	Estados Unidos	15.62	10.62
<b>Safran</b>	Francia	14.72	9.32
<b>SAIC United States</b>	Estados Unidos	10.68	7.72

<b>Goodrich United States</b>	Estados Unidos	6.69	8.42
<b>Precision Castparts United States</b>	Estados Unidos	5.65	16.46
<b>Dassault Aviation France</b>	Francia	5.22	7.4
<b>Embraer Brazil</b>	Brasil	5.12	3.96
<b>Rockwell Collins United States</b>	Estados Unidos	4.44	9.18
<b>Singapore Technologies Singapore</b>	Singapur	3.95	6.68
<b>Cobham</b>	Inglaterra	3.04	4.22

Fuente: (OECD, 2010)

La industria aeroespacial mundial importó en el 2013 más de 230 mil millones de dólares por concepto de aeronaves (aviones, vehículos espaciales y sus partes). Los principales países importadores fueron: Francia (29,500 millones de dólares), Estados Unidos (29,200 millones de dólares) y Alemania (26,700 millones de dólares).

**Tabla 2. Principales importadores de aeronaves, vehículos espaciales y sus partes (miles de dólares)**

No.	Importadores	2009	2010	2011	2012	2013
	<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>171,265,599</b>	<b>180,018,231</b>	<b>186,363,096</b>	<b>210,821,955</b>	<b>234,845,003</b>
<b>1</b>	Francia	16,190,394	24,444,774	27,269,761	31,148,688	29,541,909
<b>2</b>	EU	18,465,618	19,074,783	21,681,559	24,325,715	29,285,187
<b>3</b>	Alemania	25,966,738	26,236,342	25,836,454	23,015,032	26,721,822
<b>4</b>	China	10,525,223	12,391,040	13,541,753	17,612,975	23,182,060
<b>5</b>	Reino Unido	16,822,215	20,757,062	10,497,009	13,096,964	14,997,716

Fuente: Cálculos del CCI basados en estadísticas de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), TRADEMAP (2013)

Por otro lado, a nivel mundial la industria exportó más de 305 mil 700 millones de dólares en el año 2013, por concepto de aeronaves, vehículos espaciales y sus partes. Estados Unidos, Francia y Alemania, fueron los principales exportadores.

**Tabla 3. Principales exportadores de aeronaves, vehículos espaciales y sus partes (miles de dólares)**

Exportadores	2009	2010	2011	2012	2013
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>212,923,159</b>	<b>221,147,457</b>	<b>249,594,319</b>	<b>285,877,740</b>	<b>305,783,486</b>
<b>1</b> EU	82,957,527	79,266,270	87,532,456	104,266,487	115,380,944
<b>2</b> Francia	34,546,576	46,404,119	49,813,519	54,507,047	56,452,181
<b>3</b> Alemania	32,413,172	30,672,432	37,410,846	43,404,438	43,933,481
<b>4</b> Reino Unido	11,996,565	13,804,991	15,952,456	16,736,449	17,825,625
<b>5</b> Canadá	9,580,877	9,631,612	9,787,648	10,272,617	10,477,704

Fuente: Cálculos del CCI basados en estadísticas de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), TRADEMAP (2013)

Existe una fuerte competencia entre los dos principales fabricantes de aviones con capacidad para más de 100 pasajeros: *Boeing* y *Airbus*, corporaciones que buscan satisfacer los requerimientos actuales de sus clientes ofreciendo aviones con mayor capacidad, menores costos de operación y atractivas innovaciones que cumplan con normas ambientales más estrictas.

Por otra parte, se encuentra el segmento de aviones de menor capacidad (menos de 100 pasajeros) y alcance con los cuales se atienden las necesidades de compañías de aviación que ofrecen servicios regionales. Entre los principales fabricantes de este tipo de unidades se encuentran la canadiense *Bombardier* y *Embraer* de Brasil. Además, también existen otras compañías que fabrican aviones de tipo ejecutivo o firmas fabricantes de helicópteros.

En cuanto a la normativa del sector, por razones de seguridad en los aviones es indispensable cumplir con las regulaciones y certificaciones internacionales que se requieren en la fabricación de aviones, la certificación que se exige a los fabricantes de las distintas partes de avión es la AS 9100. Éste es un modelo para sistemas de administración de la calidad en el sector aeronáutico basado en la norma estándar ISO 9001:2000.

Existen tres divisiones de la certificación AS 9100, las cuales son técnicamente equivalentes. La implementación de cualquiera de estas, es aceptada por las empresas aeronáuticas en las tres regiones del mundo.

**Tabla 4. Divisiones de certificación.**

<b>Norma</b>	<b>Ámbito de aplicación</b>	<b>Agencia responsable de su publicación y seguimiento</b>
<b>AS 9100</b>	Estado Unidos	<i>Society of Automotive Engineers (SAE)</i>
<b>EN 9100</b>	Europa	<i>European Association of Aerospace Industries (AECA)</i>
<b>JISQ 9100</b>	Japón	<i>Japan Institute for Standard Quality (JISQ)</i>

Fuente: (SE, 2012)

Se tiene un programa de certificación de procesos especiales principalmente en la manufactura de partes de aeronaves, conocido internacionalmente como el *National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program (NADCAP)*, mismo que es gestionado a través del *Performance Review Institute (PRI)* con el cual se aprueban procesos especiales y productos, además de proveer mejora continua en industrias como la automotriz y aeroespacial.

Al obtener la certificación de NADCAP que requieren los principales fabricantes de motor y avión para toda su red de proveedores, exime a la empresa certificada de otras auditorias por parte de los propios fabricantes del sector ya que la reconocen como una certificación suficiente.

## 2.2 Distribución del área de especialización en México

A pesar de que México tuvo estrecha relación con el sector aeronáutico en los años 20s, durante la segunda mitad del siglo pasado se tuvo un atraso significativo en la creación de aeronaves, así como en la producción y desarrollo de nuevas tecnologías.

No obstante, en las dos últimas décadas, México se ha convertido en el principal receptor mundial de inversiones en el sector de manufactura aeroespacial. En 2004 *Bombardier Aerospace* inicia los trabajos de instalación de la primera planta aeroespacial en México (Querétaro). El 11 de enero del 2007 se efectuó el primer envío a Canadá de fuselajes de avión manufacturados por completo por especialistas

mexicanos. En este contexto, desde 2006 *Bombardier Aerospace* inició la capacitación de los primeros técnicos especializados e ingenieros mexicanos para la producción de aeropartes.

En 2010 las exportaciones de la industria aeroespacial mexicana fueron de 3 mil 266 millones de dólares, con una balanza comercial superavitaria de más de 401 millones de dólares. Para el 2011, el monto de exportaciones mexicanas ascendió a 4,337 millones de dólares, logrando un saldo a favor de 555 millones de dólares (FEMIA, 2012).

**Ilustración 6 Balanza comercial Industria Aeronáutica en México (millones de dólares).**



Fuente: (FEMIA, 2012)

La Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología de la Secretaría de Economía de México (DGIPAT), considera que entre los principales productos de manufactura aeronáutica se encuentran partes para turbina (anillos, álabes, aspas, barras de metal, coples, sellos de alta precisión, radiadores, compresores y aislantes de calor, entre otros); componentes electrónicos, maquinados y metales, además de arneses y productos para el interior de los aviones. De todas esas manufacturas, las de componentes generan la mayor proporción de insumos de la industria (cerca del 24% del total)<sup>2</sup>. Los principales productos exportados entre 2008 y 2010 se muestran en la Tabla 5.

<sup>2</sup> Participación de América Latina y el Caribe en cadenas de valor. <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/5/50845/PIE-capituloIII.pdf.pdf>

**Tabla 5 Valor de los principales productos exportados por el sector aeroespacial entre 2008 y 2011 (Millones de dólares).**

<b>Descripción</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
<b>Aero-partes, de empresas con Certificado de Aprobación para Producción emitido por la SCT</b>	133	231	456
<b>Las demás partes de aviones o helicópteros</b>	176	204	277
<b>Propulsores a reacción, excepto los turborreactores</b>	309	162	273
<b>Juegos de cables para naves aéreas</b>	271	247	264
<b>Partes de turborreactores o turbopropulsores</b>	181	127	193
<b>Partes para aerogeneradores</b>	206	230	162
<b>Trenes de aterrizaje y sus partes</b>	37	82	148
<b>Mercancías de reparación o mantenimiento de naves</b>	76	84	100
<b>Aviones y demás aeronaves, de peso superior a 15,000 Kg.</b>	4	15	79
<b>Turbinas de gas de potencia superior a 5,000 kw.</b>	40	41	52
<b>Disyuntores</b>	9	17	52
<b>Turbopropulsores de potencia superior a 1,100 kw</b>	9	25	47
<b>Partes para motores de aviación</b>	58	29	33
<b>Motores de aviación</b>	22	31	32
<b>Helicópteros</b>	22	26	30
<b>Los demás (aviones)</b>	393	70	30
<b>Artículos de grifería para naves aéreas</b>	23	17	21

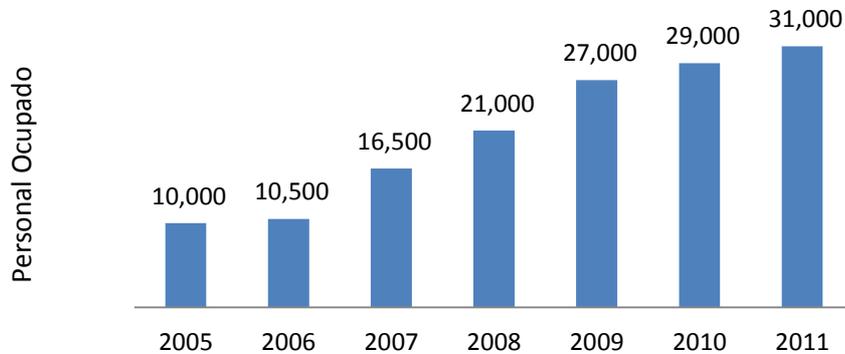
Fuente: (FEMIA, 2012)

La industria aeroespacial mexicana provee principalmente a Estados Unidos (85%), y en menor medida a Inglaterra, Francia y Canadá. México está clasificado como el noveno proveedor para el mercado aeroespacial de Estados Unidos y el sexto para la Unión Europea (FEMIA, 2012).

El sector aeronáutico es un sector estratégico para el desarrollo del país, si bien aún no sobresale como un actor relevante en cuanto a generación de empleos, se perfila como un sector incipiente de gran potencial económico y social para el país ya que guarda una fuerte vinculación con otros sectores productivos, de tal forma que constituye una plataforma de desarrollo al generar un efecto multiplicador hacia los sectores vinculados.

En los últimos cinco años la industria aeroespacial ha triplicado la mano de obra empleada, contratando actualmente a más de 31 mil personas (2011).

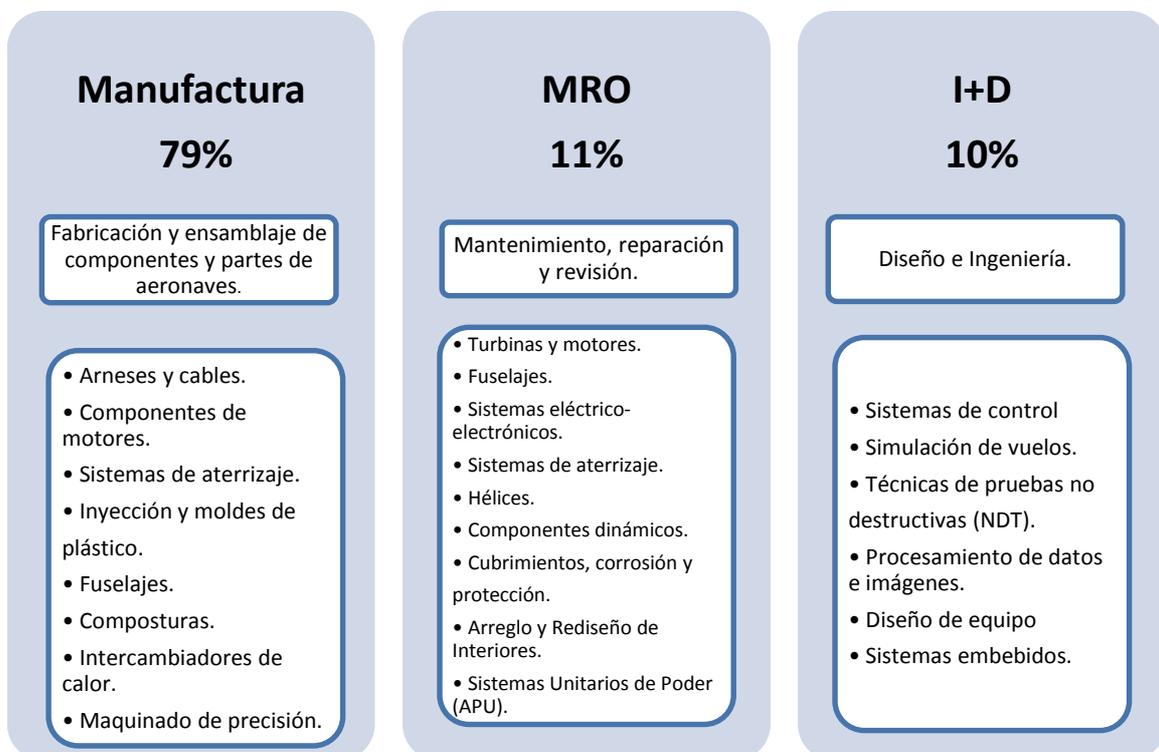
**Ilustración 7. Histórico de personal ocupado en la Industria Aeroespacial en México.**



Fuente: (FEMIA, 2012)

La industria aeroespacial mexicana concentra sus procesos en los siguientes productos y servicios principalmente:

**Ilustración 8 Estructura de la industria aeroespacial en México. Actividades llevadas a cabo por las empresas.**



Fuente: (FEMIA, 2012)

El sector aeronáutico en México cuenta con ventajas respecto a otras economías como su posición geográfica. La cercanía con dos de los principales centros de desarrollo de tecnología aeroespacial (Quebec y Seattle) abre la oportunidad para una integración industrial y tecnológica. Asimismo existen ventajas en los costos de operación y disponibilidad de mano de obra calificada.

La Cadena de Valor mexicana se encuentra participando activamente como proveedor de los tres niveles clave de la Industria Aeroespacial (OEMs, Tier 1 y Tier 2) y se encuentra localizada en 17 entidades federativas, de las cuales destacan las siguientes regiones:

- Región Noreste (Baja California, Sonora y Chihuahua). Concentra más de la mitad de la industria nacional, especializada en sistemas eléctrico – electrónicos.
  
- Región Centro - Norte (Ciudad de México, Querétaro y Nuevo León). Se especializa en ensambles de componentes de alto valor agregado. Destaca Querétaro por la fabricación de ensambles de componentes y, en lo que respecta a la Ciudad de México y Nuevo León destacan por la ubicación de los principales aeropuertos del país, especializándose en actividades de reparación y mantenimiento de aeronaves.

Ilustración 9 La Industria Aeroespacial en México, ubicación y distribución geográfica



Fuente: (FEMIA, 2012)

México cuenta con empresas multinacionales que han aprovechado las ventajas económicas, políticas y laborales, como lo son: *General Electric* en Querétaro con turbinas para aviones, *Labinal* con dos plantas en el estado de Chihuahua dedicadas a la elaboración de sistemas eléctricos, *Bombardier* que desarrolla fuselajes, alas, superficies de control utilizando tecnología de materiales compuestos (fibra de vidrio y fibra de carbón), *Hawker Beechcraft* empresa que cuenta con dos plantas de ensambles y sub-ensambles en la que se producen estructuras para aviones en Chihuahua, entre otros.

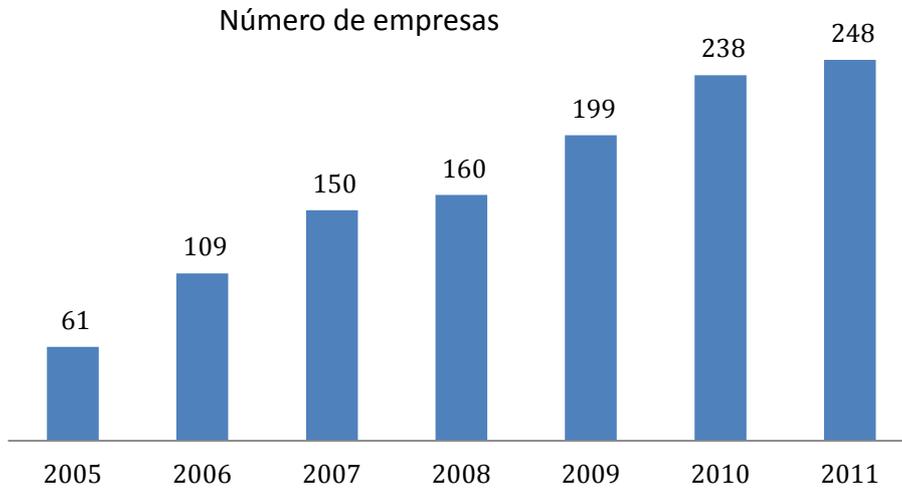
Tabla 6 Principales clústeres de la Industria Aeronáutica en México.

PRINCIPALES CLUSTERS	ESPECIALIDAD	PRINCIPALES JUGADORES
<b>Baja California:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mexicali</li> <li>– Tecate</li> <li>– Tijuana</li> </ul>	Eléctrico– Electrónico Manufactura de partes	51 empresas entre las que destacan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Honeywell</li> <li>• Gulfstream Interiores Aéreos</li> </ul>
<b>Chihuahua:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Chihuahua</li> <li>– Ciudad Juárez</li> </ul>	Manufactura de partes y fuselajes, eléctrico-electrónico, interiores, mecanizados	28 empresas entre las que destacan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Labinal, de Grupo Safran</li> <li>• Cessna Aircraft</li> <li>• Textron International</li> <li>• Grupo American Industries</li> </ul>
<b>Querétaro:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Querétaro</li> </ul>	Fabricación de componentes de motor y trenes de aterrizaje Ensamble de componentes y fuselajes de avión, MRO	32 empresas entre las que destacan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bombardier</li> <li>• ITP Ingeniería y Fabricación.</li> <li>• SNECMA, de Grupo Safran</li> <li>• Messier Dowty de Grupo Safran</li> <li>• GE-IQ</li> <li>• Aernnova</li> </ul>
<b>Sonora:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hermosillo</li> <li>– Guaymas</li> <li>– Ciudad Obregón</li> </ul>	Manufactura de componentes para motores y turbinas, fuselaje y materiales compuestos.	43 empresas entre las que destacan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Goodrich Aerostructures de México</li> <li>• ESCO</li> </ul>
<b>Nuevo León:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Apodaca</li> <li>– Monterrey</li> <li>– Santa Catarina</li> </ul>	Forjas y maquinados, fabricación de componentes, ensambles de fuselajes de helicópteros.	29 empresas entre las que destacan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frisa Forjados</li> <li>• MD Helicopters</li> </ul>

Fuete: (FEMIA, 2012), Pro-Aereo 2012-2020 Programa estratégico de la industria aeroespacial, (2012).

La industria aeroespacial mexicana está constituida principalmente por empresas extranjeras que han encontrado en México un lugar atractivo para establecerse y crecer, así como empresas mexicanas que han focalizado una oportunidad de desarrollo y crecimiento en actividades de manufactura, ingeniería y diseño, mantenimiento, reparación y supervisión para el sector aeroespacial. El número de empresas aeroespaciales localizadas en México ha crecido, en 2005 había 61 empresas, mientras que en 2011 la industria aeroespacial nacional se integró por 238 empresas.

**Ilustración 10** Histórico del número de empresas aeroespaciales localizadas en México de 2005 a 2011.



Fuente: (FEMIA, 2012)

El 28% de las empresas que integran el sector aeroespacial son grandes, 43% son medianas y 29% son pequeñas.

Existen 2 nodos que reúnen las capacidades en materia de investigación, desarrollo y educación del sector aeronáutico en México:

- **Clúster de Baja California / Corredor Pacífico:** Corredor de manufactura de componentes complejos que optimiza la cadena de suministro asociada al corredor California-Seattle, que puede fortalecer la producción de sistemas de aviónica, controles para motores y diseño de interiores.
- **Corredor Centro-Norte:** Se encuentra asociado a los súper corredores de Texas-Nueva Inglaterra-Montreal. Es en esta región donde se han instalado algunas de las principales armadoras y que, por su innovación en manufactura de piezas, orienta las plataformas tecnológicas al desarrollo de dispositivos y ensamblajes de alta complejidad.

La siguiente tabla muestra la vocación y estrategias de cada estado en su participación en la industria aeroespacial:

**Tabla 7. Vocaciones y estrategias de cada estado en la industria aeroespacial.**

Estado	Vocación	Expectativas
<b>Baja California</b>	Capacidades para el desarrollo de sistemas de fuselaje y plantas de poder y, con potencial geográfico para integrarse a las grandes cadenas de valor en Estados Unidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Constituirse para 2015 como un polo de competitividad internacional, contando con exportaciones en aeropartes especializadas, con mayor atracción de IED, sustitución de importaciones y proveedores locales.</li> <li>○ Para 2020, convertirse en el principal centro de actividad de exportación en servicios basados en conocimientos de alto valor para la industria de Aeropartes y su desarrollo.</li> <li>○ En el 2025 coordinar acciones para ser líder en Latinoamérica en sistemas de fuselaje y sistemas de potencia de alto poder.</li> </ul>
<b>Chihuahua</b>	Manufactura de maquinados de precisión.	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Para 2016, convertirse en un polo de manufactura de partes de avión muy competitivo y el más importante de Latinoamérica.</li> <li>○ En 2016 se espera alcanzar exportaciones cercanas a 1,300 mdd, contando con un superávit del 30%, esto representaría un crecimiento aproximado del 20% anual.</li> <li>○ Para el año 2021 se considera reducir la dependencia en la importación de herramientas y moldes.</li> </ul>
<b>Sonora</b>	Desarrollo de la cadena de valor por medio de la implantación de sus motores e innovación en la fabricación de turbinas de gas.	Se planea con las estrategias en el corto, mediano y largo plazo, consolidarse como líder en la manufactura de turbinas, considerando llevar a cabo acciones que permitan llegar a tener costos competitivos en toda la cadena de valor.
<b>Querétaro</b>	Gran potencial de especialización en el diseño de turbinas, manufactura y ensamble de partes complejas de fuselaje. Así como en el mantenimiento, reparación y operaciones (MRO).	Dentro de los próximos años (del 2013 en adelante) se esperan por medio de la atracción de inversiones concretar en por lo menos 4 nuevos proyectos con montos de 100 o 150 mdd y por consiguiente generar aproximadamente 1,600 empleos.
<b>Nuevo León</b>	El aprovechar a las empresas de los sectores metalmeccánico y de soporte, que actualmente cuentan con gran capacidad para	Especializarse en partes de avión que cuenten con la certificación internacional en la industria aeroespacial.

	manufacturar aeropartes. Actualmente exporta forjas para la industria aeroespacial.	
<b>Jalisco</b>	Especialización en sistemas de aviónica (software embebido)	Desarrollar sistemas aplicados utilizando la nanotecnología, su aplicación principalmente se está dando en aviones de largo alcance.
<b>Zacatecas</b>	Desarrollo de componentes, maquinados y subensambles de diversos sistemas y secciones de acuerdo con las especificaciones proporcionadas por los OEM's.	Incorporarse en el corto plazo a la dinámica económica nacional de la industria aeroespacial diversificando y modernizando la estructura productiva de la entidad, a fin de otorgarle mayor competitividad en el mercado global.

Fuente: CambioTec, 2014

Con cerca de 36,000 millones de dólares en el período 1990-2012 (SE-DGIPAT, 2012), México es el principal receptor de proyectos de inversión en manufactura aeroespacial en el mundo y es el sexto país en recepción de proyectos de investigación y desarrollo en el sector.

**Ilustración 11. Exportaciones de aeronaves, vehículos espaciales y sus partes, México 2004 - 2013**



Fuente: Cálculos del CCI basados en estadísticas de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), TRADEMAP (2013)

Estados Unidos ha sido el destino principal de las exportaciones mexicanas de productos aeronáuticos entre 2009 y 2013 (85.4% del total), seguido por Reino Unido (4.1%), El

Salvador (2.8%) y Canadá (2.2%). Otros destinos de la industria son Francia, Alemania y Brasil (Trademap, 2013).

**Tabla 8. Destino de las exportaciones Mexicanas de aeronaves y sus partes, 2009 – 2013.**

Importadores	2009	2010	2011	2012	2013	Participación (%)
<b>Mundo</b>	<b>438,483</b>	<b>590,603</b>	<b>579,025</b>	<b>564,111</b>	<b>884,089</b>	<b>100.0</b>
<b>EU</b>	343,192	472,077	455,699	64,721	755,174	85.4%
<b>Reino Unido</b>	15,893	11,379	20,993	37,177	36,440	4.1 %
<b>El Salvador</b>	6,437	7,090	8,633	12,063	24,523	2.8 %
<b>Canadá</b>	8,060	15,075	11,468	16,909	19,608	2.2 %
<b>Francia</b>	6,610	16,425	5,344	9,518	12,080	1.4 %
<b>Alemania</b>	1,344	18,302	2,590	10,918	11,654	1.3 %
<b>Brasil</b>	325	44	650	5,027	9,748	1.1 %
<b>Resto del mundo</b>	56,623	50,209	73,646	7,778	14,862	1.7 %

Fuente: Cálculos del CCI basados en estadísticas de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), TRADEMAP (2013)

En el 2013, las importaciones mexicanas de aeronaves, vehículos espaciales y sus partes sumaron 256 millones 403 mil dólares, 47% menos con respecto al año 2012, lo cual contrastó con las exportaciones llevando a un saldo comercial positivo (ver ilustración 12).

**Ilustración 12. México: Importaciones de aeronaves y sus partes 2004-2013.**

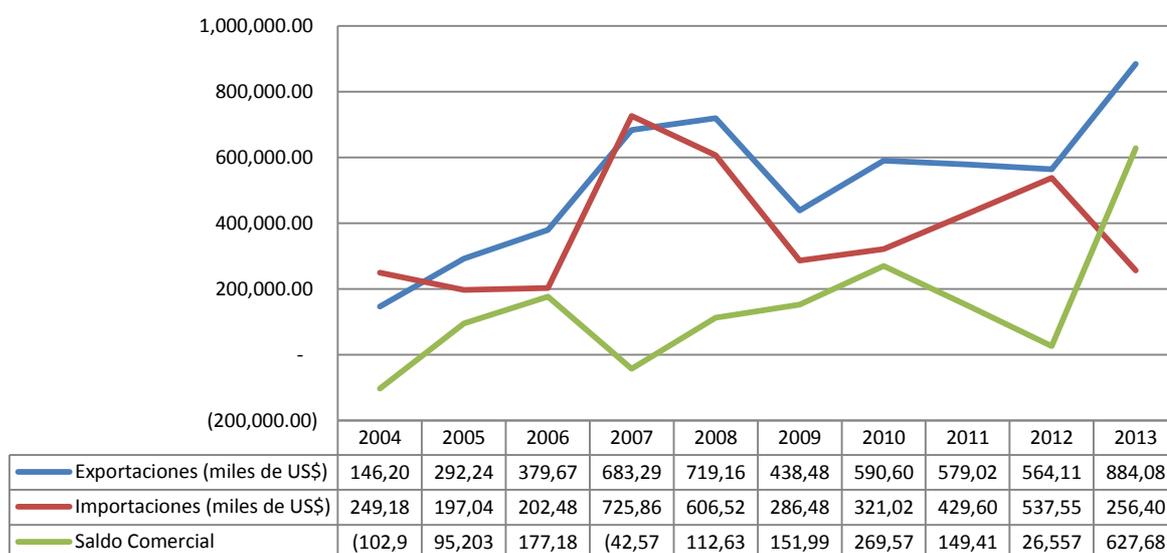


Fuente: Trademap, 2013

En el periodo 2004-2013 se cuenta con información relevante respecto al saldo comercial que obtuvo México con respecto a las exportaciones y las importaciones en

esta industria. Con ello, es posible determinar la balanza comercial de México, la cual en el periodo 2012-2013 sostuvo un crecimiento considerable. Lo anterior indica que este sector muestra una tendencia cada vez más hacia el incremento de la producción de aeronaves y sus partes, disminuyendo las importaciones y con la tendencia de crecimiento en inversión, competitividad y mano de obra. Para concretar este crecimiento esperado, es muy importante fortalecer la cadena de suministro, mediante el desarrollo de proveedores locales.

**Ilustración 13. México. Balanza comercial del sector aeroespacial 2004-2013**



Fuente: Trademap, 2013

Entre los factores que han influido en los logros alcanzados por este sector son la ubicación geográfica, una mano de obra calificada pero de menor costo que en Estados Unidos y Europa, los tratados de libre comercio y el antecedente de la industria automotriz. La Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA) ha pronosticado que el sector aeroespacial en el año 2015 registrará un valor de las exportaciones cercano a los 7 mil 500 millones de dólares y que empleará a 52 mil personas.

La tendencia de la industria aeroespacial en México para el año 2020 en empresas en el sector es de 450 empresas, contando en el 2013 con 272 (FEMIA, 2012), los empleos asociados con el volumen de empresas para el año 2020 son 110 mil, con una inversión de 4,600 millones de dólares, y exportando aproximadamente 12,000 millones de dólares.

## 2.2.1 Situación tecnológica del sector aeroespacial en México

En el contexto nacional, la Secretaría de Economía y la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA), desarrollaron en 2012 el “Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial”, en donde identificaron las tendencias tecnológicas de este sector a alcanzar en el año 2020. De manera semejante, ProMéxico en su estudio “Plan de Vuelo, Industria Aeroespacial de México, Mapa de Ruta Baja California”, se identificaron las áreas tecnológicas de mayor impacto futuro. Ambas propuestas sobre tendencias tecnológicas se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 9. Principales tendencias de la innovación en la industria aeroespacial.**

<b>Tendencias SE-FEMIA</b>	<b>Tendencias PROMÉXICO</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Fabricación de nuevos modelos con un alto porcentaje de materiales compuestos para aligerar su peso y proteger el medio ambiente (uso de titanio y aluminio).</li><li>• Reusar y reciclar las aeropartes.</li><li>• Creciente uso de tecnologías verdes.</li><li>• Continuo crecimiento en el mercado de sistemas no tripulados.</li><li>• Innovación en motores de nueva generación.</li><li>• La industria aeroespacial civil será el segmento de mayor crecimiento en los próximos años.</li><li>• Incremento en la demanda de aviones civiles por parte de clientes no gubernamentales.</li><li>• Apertura de nuevos mercados para producción</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desarrollo de materiales nanocompuestos.</li><li>• Reconversión de sistemas hidráulicos y neumáticos a electrónicos.</li><li>• Desarrollo de turbinas más eficientes y menos dañinas.</li><li>• Siguiendo generación de aviones: más ligeros.</li><li>• Desarrollo de procesos y materiales “verdes”.</li><li>• Incorporación de energías alternativas/ renovables</li></ul>

Fuente: FEMIA, 2012; PROMÉXICO, 2012.

El rápido y acelerado despegue del sector aeroespacial ha ido de la mano de un proceso de escalamiento industrial. En una primera etapa, México manufacturaba piezas simples, ensambles y aeropartes sencillas. Actualmente el país se encuentra en una segunda etapa que incluye procesos más complejos en la fabricación de turbinas,

fuselajes, arneses y trenes de aterrizaje, esta etapa corresponde a actividades manufactureras de mayor valor agregado. La evolución de la industria aeroespacial mexicana se encamina hacia una tercera etapa basada en el diseño e ingeniería y el ensamble de aviones completos.

En un futuro cercano, de acuerdo con la FEMIA, se espera que la industria aeroespacial mexicana crezca de acuerdo a los siguientes supuestos en los próximos 10 años:

- En 2015 se espera que la industria esté constituida por más de 350 empresas, que genere más de 37 mil empleos y facture más de 7 mil 500 millones de dólares en exportaciones con más de un 30% de contenido nacional.
- Para el 2020 se proyecta que México tenga una plataforma industrial competitiva para ser un “hub” de manufactura aeroespacial mundial, que se consolide como uno de los proveedores principales de Estados Unidos.

Dadas las perspectivas a corto y mediano plazo del crecimiento de la economía mexicana y del mercado internacional, se puede afirmar que la industria aeroespacial cuenta con una gran oportunidad para consolidarse como un sector estratégico con gran potencial para tener efectos de arrastre sobre otros sectores y sobre la propia economía.

De acuerdo con los pronósticos de corto plazo, la industria aeroespacial podrá crecer a una tasa hasta tres veces mayor que la de la economía nacional (FEMIA, 2012).

## 2.3 Posicionamiento del estado en el área de especialización

En Sonora la industria se desarrolla desde 1999, a partir del proyecto Empalme-Guaymas, cuando Maquilas *Tetakawi* (de capital local) pudo concretar un contrato con la primera empresa de giro aeroespacial *Smith West*, lo que produjo un efecto multiplicador que no ha dejado de crecer (Robles, 2013).

Actualmente el estado centra sus capacidades de innovación en manufactura de motores, turbinas, fuselaje y materiales compuestos. En manufactura, la entidad se especializa en maquinados de precisión y procesos de conformación de placas de metal. Algunas empresas tienen capacidades internas para procesos especiales, tratamientos térmicos y superficiales. También realizan las operaciones de MRO más grandes de México. Sonora es la segunda entidad con mayor concentración de empresas en el sector aeroespacial en el país (sólo después de Baja California) (FUMEC, 2012), alberga más de 40 empresas y entidades de apoyo al sector aeroespacial, entre las que destacan por ejemplo *BAE Systems*, *ITT Cannon*, *Goodrich*, *Curtiss-Wright*, *Latecoere* y *Latelec*, *Rolls Royce*, *TE Aerospace*, *Defense and Marine* y *Esco* entre otras.

Gran parte de las empresas del sector en el estado se encuentran concentradas en dos regiones (SCT, 2010), (Contreras, 2013):

- La ciudad de Nogales. Empresas enfocadas a manufactura de materiales compuestos y ensamble de electrónicos (18 empresas). Se trata de la ciudad que concentra el mayor número de maquiladoras de la entidad con la ventaja de su ubicación fronteriza.
- La región conformada por las ciudades de Guaymas y Empalme. Maquinado de alta precisión, fundición y conformado de componentes para turbinas, manufactura y ensamble (17 empresas).

Otros municipios con presencia en el sector aeroespacial son Agua Prieta, Cumpas, Hermosillo y Ciudad Obregón. En particular, las fortalezas de la ciudad de Hermosillo para el sector son la infraestructura educativa universitaria y técnica, la conectividad aérea con Estados Unidos y con la zona centro de México, así como la gran diversidad de mano de obra. En cuanto a las fortalezas de Ciudad Obregón para el sector radican en el contar con un aeropuerto de carga, un parque tecnológico de software y un sector educativo competitivo.

Ilustración 14. Ubicación de empresas de la industria aeroespacial en Sonora



Fuente: COPRESO, 2012

De acuerdo con la Secretaría de Economía, entre 2009 y 2012 se concretaron ocho nuevos proyectos de desarrollos aeroespaciales en el estado. De ellos destacan *J.J. Churchill*, una empresa británica especializada en maquinados de partes para turbinas de gas; *Ellison Surface Technologies*, que inició operaciones en 2013 y desarrolla tratamientos térmicos de procesos especiales para componentes aeroespaciales. El conjunto de las empresas aeroespaciales ubicadas en Sonora emplea a casi 9,600 trabajadores, de los cuales un porcentaje considerable corresponde a puestos abiertos en los últimos cinco años debido a la instalación de nuevas plantas (Contreras, 2013).

Las empresas más representativas del sector y el municipio en el que se localizan se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Empresas del sector aeroespacial en Sonora.

EMPRESA	MUNICIPIO	EMPRESA	MUNICIPIO
Acra Aerospace	Guaymas	Honeywell	Guaymas
ADM AERODESIGN	Nogales	Horts Engineering de Mexico	Nogales
Aerocast	Nogales	Incertek Testing	Guaymas
Amphenol Aerospace	Nogales	INTEGRATED MAGNETICS	Nogales
APA	Hermosillo	ITT Cannon de Mexico	Nogales
ARROW ELECTRONICS INC.	Nogales	JJ Churchill	Guaymas
BAE systems	Guaymas	Maquilas Teta Kawi, SA de CV	Empalme
BE Aerospace	Nogales	North American Interconnect, SA de CV	Hermosillo
Benchmark electronics	Guaymas	Paradigm Precision	Guaymas
BF&S	Agua Prieta,	Parker Hannifin Aerospace	Guaymas
Bodycote	Guaymas	Pencomm CSS de México S de RL de CV	Nogales
Bosch	Hermosillo	Precision Aerospace Components	Guaymas
CR MACHINE (sonitronies)	Nogales	Radiall Sonitronies	Cd. Obregon
DAHER AETOSPACE, SA de CV	Nogales	SEMCO Instruments, Inc.	Nogales
Docomun Aerostructures Mexico	Guaymas	TE Connectivity	Hermosillo
ESCO turbine Technologies Signs	Guaymas	Thermax wire corp.	Nogales
Federal Electronics	Hermosillo	Tolerance Masters	Guaymas
G.S. precision Inc. De México	Guaymas	Trac Tools de México	Guaymas
Goodrich Aerostructures de Mexico	Guaymas	Williams Internacional	Guaymas
GRIFFITH ENTERPRISES (Sonitronies)	Nogales	Winchester Electronics, SA de CV	Nogales
GRUPO SIGMEX, SA de CV	Nogales		

Fuente: CambioTec, 2014 con datos de Copreson (2012)

Todas las plantas establecidas en el estado pertenecen a empresas trasnacionales, con sede principalmente en Estados Unidos y en menor medida, en Francia e Inglaterra. El

promedio de antigüedad de las plantas instaladas en Sonora es de 7.4 años. La mayoría se establecieron en el estado después de 2001 (Contreras, 2013). La mitad de las plantas emplean a menos de 100 trabajadores, en tanto que alrededor del 37% son medianas (entre 101 y 250 trabajadores) y el 12.5% son grandes (más de 250 empleados) (Contreras, 2013).

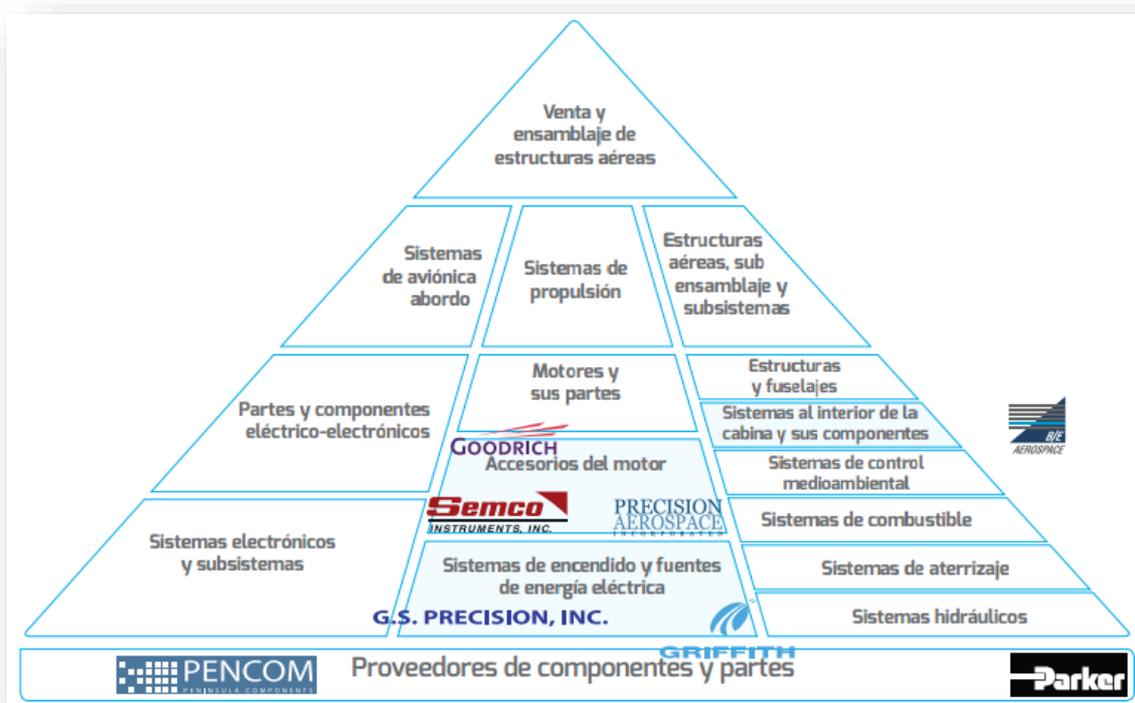
Al menos trece de las plantas del estado realizan procesos para los sistemas primarios de aeronaves, como el sistema hidráulico, neumático, tren de aterrizaje y motores o manufactura de secciones completas. Otras siete realizan procesos en los sistemas secundarios así como secciones menores y veintidós realizan maquilados, subensambles y fabricación de componentes menores. La mitad de las plantas se dedican a procesos de metalmecánica, el 33% a producir componentes y soportes para partes electrónicas, como inyección de plásticos, materiales compuestos, recubrimientos y tratamientos térmicos. En detalle, las capacidades instaladas de las empresas de la industria aeroespacial en Sonora son las siguientes (Miranda, Octubre, 2010), (Contreras, 2013):

**Tabla 11 capacidades instaladas de las empresas de la industria aeroespacial en Sonora son las siguientes**

Fundición y maquinado	Manufactura y ensamble	Procesos especiales
Maquinado de aleaciones exóticas y componentes maquinados de aluminio y magnesio en general para componentes de turbina.	Ensamble de medidores de combustible, componentes del sistema de frenos y de válvulas del sistema hidráulico, arneses y alerones.	Revestimiento por difusión y revestimiento térmico.
Fundición, maquinado y procesos secundarios de álabes para turbina.	Manufactura de cables, conectores y piezas de aluminio y acero	Anodizado y recubrimiento por conversión química
Fundición, maquinado, rectificado y procesamiento de álabes	Manufactura de motores y componentes para turbina.	Tratamientos térmicos especiales como: HVOF Spray, VPA, Plasma Spray
Maquinado de componentes para sistemas hidráulicos y de control	Ensamble de componentes de líneas de fluidos, sistemas de frenos, y válvulas de sistemas hidráulicos	
Maquinado CNC y platinado	Manufactura de interiores en materiales compuestos	
Formado de <i>sheetmetal</i> y manufactura de <i>spoliers</i>	Ensamble de aeroestructuras	

Fuente: (Miranda, Octubre, 2010), (Contreras, 2013).

### Ilustración 15 Capacidades del Sector Aeroespacial y de Defensa de Sonora



Fuente: (PROMEXICO, 2012 a)

En 2012, poco más de la mitad de las ventas del sector (52.7%) tuvo como destino diferentes lugares de México (22.3% en Sonora y 30.4% en otros estados de la república). Esto se relaciona con el hecho de que se trata de productos maquinados, ensambles y subensambles que se integran a otros procesos de mayor jerarquía en la cadena de valor antes de ser exportados. La otra mitad de la producción es para exportación directa, principalmente a Estados Unidos (33.2%), Europa (7.1%) y Asia (3.6%) (Contreras, 2013). En 2013, el estado exportó cerca de 190 millones de dólares (PROMEXICO, c, 2014).

De acuerdo con una investigación publicada por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) sobre las competencias de manufactura aeroespacial en Sonora, se estima que en 2012 esta industria empleó directamente a 6,500 trabajadores de los cuales el 61.8% son obreros, 11.4% técnicos, 5,1% ingenieros y 8.7% personal administrativo y gerentes (Contreras, 2013). Este mismo estudio arroja que la especialidad de los ingenieros que trabajan en el sector se ha logrado en su mayor parte

a través de cursos y diplomados en cada corporativo y en instituciones de educación superior fuera de la entidad. El 40% de los ingenieros que trabajan en las plantas son egresados de carreras de ingeniería industrial y el 20.5% de ingeniería mecánica, el resto proviene de ingenierías como química metalúrgica, sistemas de calidad, eléctrica y sistemas computacionales, entre otras. En cuanto a los técnicos, 21.4% proviene de la especialización en programación, 20.7% de producción industrial, 10.7% de mantenimiento electrónico y 7.1% de maquinados. Otras especialidades técnicas en las plantas del sector en el estado son diseño CAD-CAM, electrónica, metrología, manufactura, soldadura, pruebas no destructivas, electrónica, control de calidad e informática. El personal calificado con mayor dificultad para encontrar en la región es (Contreras, 2013):

- Técnicos en manufactura
- Personal bilingüe
- Profesionales con experiencia en diseño CNC
- Operadores altamente calificados
- Ingenieros mecánicos con experiencia en el área
- Programadores

La evolución y crecimiento del sector industrial aeroespacial en Sonora, no sólo en el número de empresas, sino también en el empleo que genera y procesos tecnológicos que cubre, se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 12. Impacto de la Industria Aeronáutica en Sonora.**

2009	2013	2015
38 empresas	45 empresas	Expectativa de 60 empresas
5,000 empleos directos	7,500 empleos directos	Expectativa de 10,000 empleos directos
<b>Capacidades:</b> - Materiales compuestos - Turbinas - Maquinados simples	<b>Nuevas capacidades:</b> - MRO - Aeroestructuras - Turbinas - Maquinados de precisión - Tratamientos térmicos - Tratamientos químicos	<b>Nuevas capacidades:</b> - Aeroestructuras - Maquinados - Tratamientos Químicos - Turbinas - Forjado - Fundición - Recubrimientos Superficiales

Fuente: COPRESON, 2013

En materia de desarrollo tecnológico, Sonora ha desarrollado con éxito actividades relacionadas con diseño e ingeniería de partes, manufactura de álabes, componentes para turbinas y aeromotores, hasta su mantenimiento y reparación (MRO). Sonora camina en la consolidación de un clúster orientado a este segmento. Empresas como *Trac Tools* de México, *UTAS*, *ESCO*, *Wallbar Engine Components*, están desarrollando sus capacidades. Varias de ellas han atraído la atención de importantes empresas como *Rolls Royce*, que desde 2012 estableció en Guaymas una oficina de adquisiciones. La empresa de mayor renombre en el sector es Churchill, dirigida a la fabricación de álabes para *Rolls Royce* y su aplicación en nuevos productos (PROMEXICO, c, 2014).

En cuanto a parques industriales del sector, se destacan el de Bella Vista en Empalme y Roca Fuerte en Guaymas, pues son los principales. En fechas recientes, se creó el Instituto de Manufactura Avanzada y Aeroespacial de Sonora (IMAAS), con instalaciones en Hermosillo, Sonora, en respuesta a la creciente demanda de técnicos capacitados relacionada con las nuevas inversiones y/o expansiones de empresas del sector aeronáutico. El IMAAS es una escuela pública que proporcionará cursos y programas requeridos por la industria tales como:

- Ensamble de aeroestructuras
- Maquinados CNC
- Materiales compuestos
- Herramental

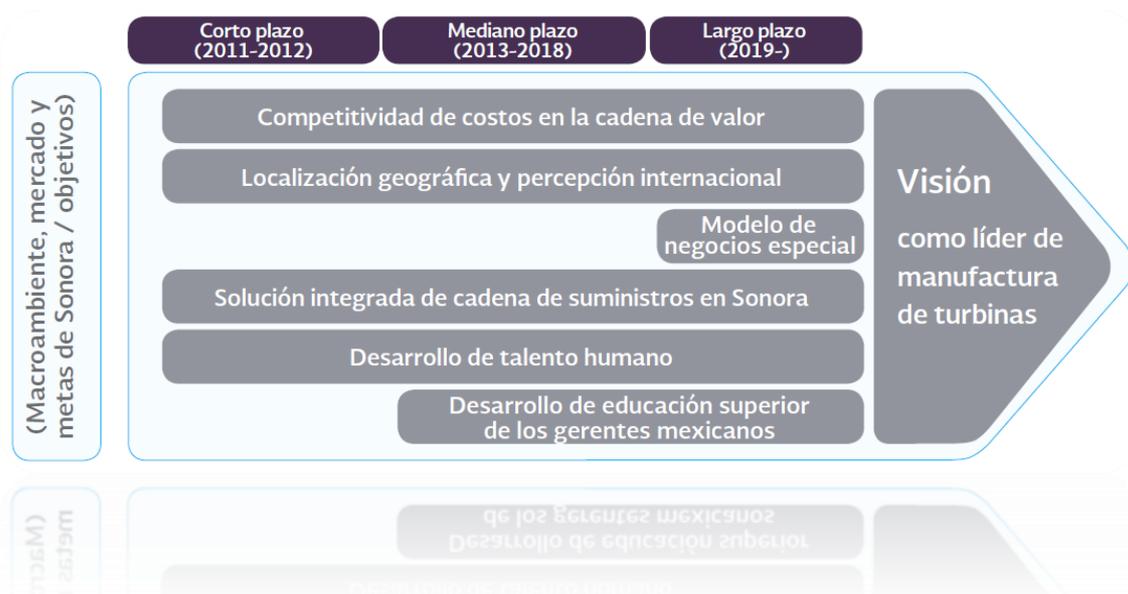
El estado cuenta con la zona de Refieson, que es una Zona Económica Especializada (ZEE), en la que se ofrecen incentivos a los inversionistas externos como exenciones fiscales, condiciones favorables de infraestructura, facilidades administrativas para el desarrollo del mercado interno.

De acuerdo con la actual estructura de la Industria aeroespacial en la entidad, los segmentos que se están impulsando son (Gobierno del Estado de Sonora, 2013):

- I. Componentes para turbinas y motores
- II. Aeroestructuras y materiales compuestos.
- III. Mantenimiento y reparación de aeronaves

Actualmente la estrategia del estado está diseñada para maximizar el potencial de fabricación de álabes de turbinas y componentes para motores, tomando en cuenta la competitividad en costos en la cadena de valor, la ubicación geográfica del estado y un modelo de negocios basado en la generación de talento, así como en una cadena de suministro integrada. La visión del Gobierno de Sonora en cuanto a la generación de capacidades en el sector busca en el largo plazo ser el líder en manufactura de turbinas (PROMEXICO, c, 2014).

**Ilustración 16. Cronograma de las capacidades del sector aeroespacial y de defensa en Sonora**



Fuente: (PROMEXICO, c, 2014)

Los objetivos en el segmento de motores de avión son los siguientes:

- Incrementar la oferta de productos manufacturados.
- Crecer en actividades de subensamble.
- Ampliar las capacidades de procesos especiales.
- Impulsar la diversificación para tener un crecimiento estable y sostenido

En cuanto a proyectos que están arrancando en el estado, destaca el crecimiento de la planta de la empresa *Goodrich* (UTAS) en Guaymas, en el que destacan nuevos procesos de fabricación de álabes en la región entre los que se encuentran, formado de súper plásticos, soldadura láser y rayos X digitales. *Goodrich* es un claro ejemplo de una inversión estratégica diseñada, la cual ha beneficiado tanto a la empresa como al país, dejando derramas económicas, sociales y tecnológicas.

Finalmente, es importante mencionar que la mayoría de las empresas en el estado son proveedores especializados de componentes específicos no complejos (Tier 2), son empresas maquiladoras de gran tamaño intensivas en generación de empleo que no compiten por nichos de mercados nacionales, regionales o locales, sino que lo hacen en mercados globales donde los productos que fabrican deben cumplir con estrictas normas de calidad y certificación de productos y procesos.

En síntesis, la industria aeroespacial en Sonora tiene un pujante crecimiento; su consolidación requiere reforzar la formación y capacitación de técnicos, ingenieros y otros especialistas y avanzar en la creación de capacidades productivas de mayor valor agregado.

## 2.4 Principales tendencias de la innovación en el área de especialización a nivel mundial

El sector aeroespacial es una industria impulsada por la tecnología, resultado directo de investigación y la innovación. Las principales tendencias tecnológicas en el sector a nivel mundial se pueden organizar en seis grandes áreas (AEM, 2014; PROMEXICO, 2012; US Aerospace, 2002; Mugarra, 2000):

- Nuevas tecnologías de propulsión.
- Mitigación de la emisión de ruido.

- Nuevas fuentes de energía.
- Nuevos materiales y procedimientos no tradicionales de conformado.
- Aviónica.
- Nuevas tecnologías de factor humano.

---

#### 2.4.1 Nuevas tecnologías de propulsión

Los avances en propulsión y de energía seguirán siendo la tecnología crítica para capacidades aeroespaciales revolucionarias. Estos avances se vienen en cuatro regímenes de vuelo: vuelo subsónico y supersónico (motores de turbina de gas / de detonación de pulso), vuelo hipersónico (estatorreactores / *scramjets*), de acceso al espacio (sistemas de cohetes / ciclo combinado) y viajar a través del espacio (nuclear, plasma, y anti-materia de propulsión y potencia).

- **Vuelo subsónico y supersónico:** mejoramiento de sistemas de propulsión *air-breathing* avanzadas que permitan una navegación tranquila, limpia, económica y de alta eficiencia para aeronaves civiles. Desde la década de 1950, los desarrollos de tecnologías de motor de turbina de gas de alta potencia han aumentado el rendimiento y mejorado la eficiencia de combustión en un 70 %. Se trabaja en mejoras sustanciales en la capacidad y el costo de motores de turbina como los Motores de Turbina Avanzados (VAATE, por sus siglas en inglés).
- **Vuelo hipersónico:** Tecnología estatorreactor / *scramjet* ofrecen el potencial para nuevas clases de aviones y armas con capacidad de ataque crítico de tiempo y alcance global. Estos desarrollos podrían utilizarse en el sector de la aviación civil, reduciendo significativamente los tiempos de tránsito. Para estos desarrollos se requiere de una inversión significativa y sostenida, con el objetivo de superar las barreras técnicas críticas de vuelo de alta velocidad y proporcionar las demostraciones necesarias para validar la viabilidad operacional de los sistemas hipersónicos.

- **Acceso-espacio:** el desarrollo de estas tecnologías será clave para el desarrollo de la futura comercialización exitosa al espacio exterior. Se necesitan nuevas familias de tecnologías basadas en cohetes y propulsión de aire de respiración para apoyar el desarrollo de los conceptos de vehículos de lanzamiento reutilizables y desechables que pueden proporcionar importantes reducciones de costos de carga útil a la órbita.
- **Viajar por el espacio:** Los tiempos de tránsito prolongados que resultan de la utilización de los sistemas de propulsión disponibles en la actualidad hacen difícil la exploración humana del sistema solar. Los conceptos de propulsión como los iones y plasma, así como, las fuentes de energía (como la nuclear), ofrecen el potencial de reducir los tiempos de tránsito para la exploración espacial reduciendo significativamente la duración de las misiones en el espacio profundo. Los nuevos conceptos de propulsión basados en fuentes de energía innovadoras, tales como los sistemas de energía de antimateria, podrían dar lugar a un nuevo paradigma de propulsión que va a revolucionar el transporte espacial.

---

#### 2.4.2 Mitigación en las emisiones de ruido

El desarrollo de tecnologías de mitigación de ruido y contaminantes ofrecerán la posibilidad de ampliar en gran medida la capacidad de los aeropuertos en espacios aéreos cercanos a centros de actividad económica. Tecnologías de motores como *alta-bypass turbofan*, han reducido en gran medida las emisiones de ruido de aviones de propulsión. Otras tecnologías como *blended-wing-body* y *strutbrace-wing* podrían en un futuro próximo perfeccionarse para conseguir mejores reducciones de ruido. En particular, se requiere mayores investigaciones para mitigar ruido emitido de propulsión, el *boom* sónico, y las emisiones contaminantes. La expectativa a mediano o largo plazo es llegar a cero emisiones en aeronaves a través de la introducción de fuentes de energía innovadoras, como el hidrógeno.

---

### 2.4.3 Desarrollo de nuevas fuentes de Energía

- **Tecnología de hidrógeno:** En el mediano plazo, las tecnologías de pila de hidrógeno podrían ser utilizadas para proporcionar energía auxiliar a aviones, aumentando la seguridad y de la eficiencia del sistema de propulsión. Uso de aeronaves de hidrógeno puede ser un paso importante en el establecimiento de una economía de hidrógeno. Los beneficios de pasar de hidrocarburos como combustible para aviones hidrógeno justifican claramente un programa ampliado y acelerado para hacer a la industria aeroespacial, líder en la investigación de la energía de hidrógeno.
- **Otras fuentes de energía:** en el corto plazo, las fuentes de fisión y de plasma nucleares deben perseguirse activamente para aplicaciones espaciales. En el largo plazo, fuentes de energías innovadoras, tales como la fusión nuclear y la anti-materia, serán investigadas de manera creciente con el fin de apoyar a la exploración humana más allá del sistema solar. Estas fuentes de energía deben ser el tema de un esfuerzo de investigación básica enfocada.

---

### 2.4.4 Aviónica (electrónica de vuelo)

- **Panel de instrumentos:** existe una tendencia a la integración de presentación de datos en pantallas planas multifuncionales para conseguir prestaciones del espacio físico limitado con la presentación de una cantidad de información mayor y de manera más ergonómica. Otra tendencia tecnológica es la presentación de los datos esenciales de vuelo en el campo de visión exterior (tecnología *Head-up Display - HUD*) en aeronaves civiles.
- **Computarización del control de la aeronave (fly-by-wire):** tecnología que automatiza el control de la aeronave y que efectúa una comprobación de datos y maniobras en modalidad manual, de tal manera que en caso de petición de una maniobra fuera de procedimiento, ésta se vea restringida, o cuando menos

efectúa las correspondientes verificaciones para prevenir errores. Uno de los problemas de este sistema es el peligro de interferencias electromagnéticas que pudieran enmascarar las órdenes del piloto. Este es un aspecto al que aún requiere un gran esfuerzo en desarrollo e investigación.

---

#### 2.4.5 Nuevos materiales y procedimientos no tradicionales de conformado

- **Nanotecnología:** A escala nano, dispositivos y sistemas ofrecen diferentes propiedades eléctricas, mecánicas, magnéticas y ópticas. Este efecto conlleva gran cantidad de aplicaciones como mejora en la resistencia de materiales que podría revolucionar el diseño estructural de vehículos aeroespaciales y en consecuencia el rendimiento; también podrían ayudar a eliminar el ruido de la aviación, reducir el costo del acceso al espacio y ayudar a lograr una nueva generación, muy avanzada de pequeños satélites para la vigilancia y el monitoreo atmosférico.
- **Procesos de mecanizado no tradicionales:** En determinados componentes del avión, como por ejemplo los motores, se requieren piezas de pequeño espesor y gran precisión que deben ser mecanizadas por procedimientos no tradicionales, como puede ser la electroerosión. Todo ello ha dado lugar al diseño y producción de máquinas herramientas especiales y de muy alta calidad.
- **Nuevos materiales compuestos:** En diferentes elementos de motores sometidos a altas temperaturas se ha propiciado el uso de materiales compuestos de matriz cerámica con procedimientos de conformado no tradicionales.
- **Estructuras:** La estructura de los aviones se compone fundamentalmente de elementos estructurales de aleaciones de aluminio, recubiertos de chapa remacha, igualmente en aleación de aluminio. Los elementos estructurales seguirán evolucionado en determinadas zonas de la aeronave, desde perfiles laminados a elementos mecanizados en cinco ejes, de formas relativamente complejas y con una gran exigencia de prestaciones para la maquinaria de producción.

---

## 2.4.6 Factor Humano

- ***Diseño Centrado en Humanos:*** Los sistemas automatizados pueden aumentar la capacidad y seguridad de los sistemas aeroespaciales, pero no sin la investigación de los factores humanos. En la gestión del tráfico aéreo, por ejemplo, una de las principales limitantes es la capacidad del recurso humano. Un controlador de tráfico aéreo sólo puede mantener el control de cuatro a siete aviones a la vez. La automatización podría eliminar esta limitación. Para ello será necesario la investigación de factores humanos para examinar: la interacción humano-automatización, el intercambio y la interpretación de la información, el procesamiento de información y la toma de decisiones.
- ***Efectos de la Radiación en el espacio:*** La radiación es un factor limitante importante para las misiones espaciales tripuladas de larga duración. Se requiere investigación para comprender mejor y contrarrestar los efectos de la radiación para maximizar la salud física de tripulaciones, la integridad psicológica, la protección y la supervivencia durante los vuelos espaciales de larga duración.

En el contexto de las tendencias tecnológicas antes descritas, la Comisión Sobre el Futuro de la Industria Aeroespacial de Estados Unidos, tiene como objetivos para el año 2025:

### Transporte Aéreo

- Demostrar la capacidad de transporte aéreo automatizado que triplique la capacidad para el año 2025.
- Reducir el ruido y las emisiones de la aviación en un 90 %.
- Reducir la tasa de accidentes mortales de la aviación en un 90 %.
- Reducir el tiempo de tránsito entre dos puntos en la tierra en un 50 %.

## Espacio

- Reducir el costo y el tiempo para acceder al espacio en un 50 %.
- Reducir el tiempo de tránsito entre dos puntos en el espacio en un 50 %.
- Demostrar la capacidad de monitorear continuamente y vigilar la Tierra, su atmósfera y el espacio para una amplia gama de aplicaciones (militares, de inteligencia, civiles y comerciales).

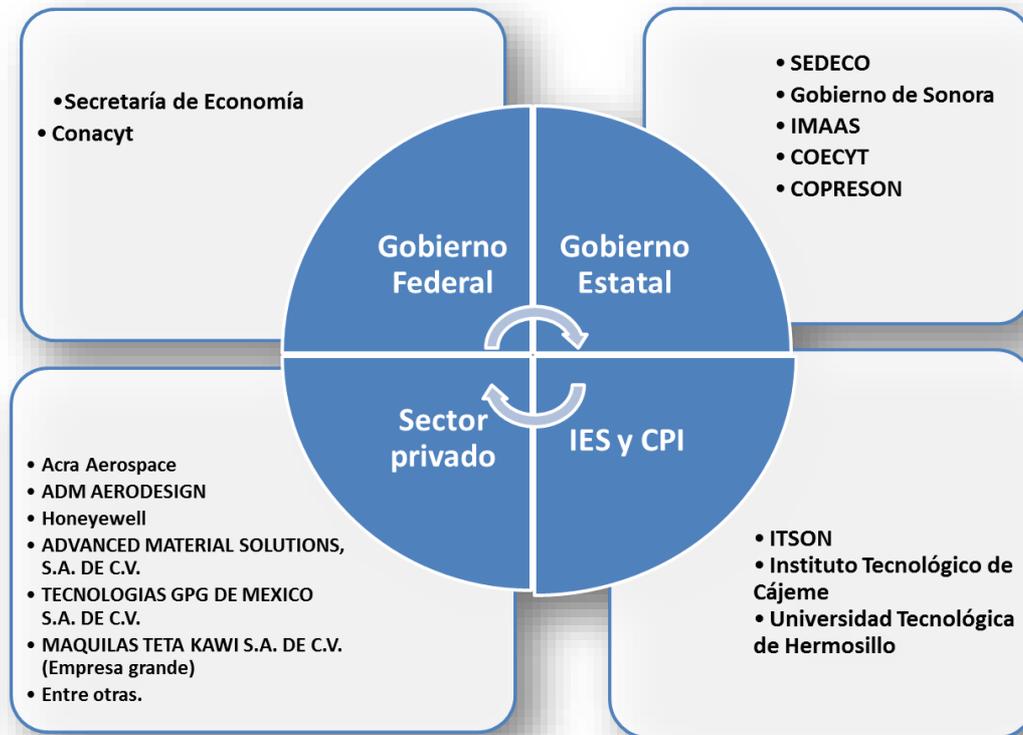
### 3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN PARA EL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

El ecosistema de innovación del área de especialización Aeroespacial en Sonora, se integra por el gobierno mediante sus distintas dependencias, programas e instrumentos de política (convenios con organismos internacionales); las empresas de los diversos subsectores; las Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación (CI), como se muestra en la siguiente ilustración.

#### 3.1 Mapa del ecosistema de Innovación

El sector aeroespacial incluye tanto a organismos públicos como a privados, los cuales, en su mayoría son empresas extranjeras que han encontrado en México un lugar atractivo para establecerse y crecer; pero también, encontramos a empresas mexicanas que han focalizado una oportunidad de desarrollo y crecimiento en actividades de manufactura, ingeniería y diseño, mantenimiento, reparación y supervisión para el sector aeroespacial.

Ilustración 17. Mapa del ecosistema de innovación en Aeroespacial del estado de Sonora



Fuente: CambioTec, 2014

Dos instituciones de gran importancia en el ecosistema de innovación para el sector son el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Sonora (COECYT) y el Consejo de Desarrollo Económico de Sonora. El COECYT es un organismo público descentralizado de la administración pública estatal que cuenta con un órgano superior de gobierno que establece las directrices generales para el eficaz funcionamiento de sus recursos. Sus principales actividades son (COECYT, 2014):

- Promover el desarrollo del capital humano, intelectual, social y de infraestructura científica y tecnológica del estado para robustecer la cantidad y calidad de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación, coadyuvando a la solución de problemáticas de la entidad.
- Facilitar el trabajo colaborativo a través de la formación de redes multidisciplinares e interinstitucionales orientadas a la atención de necesidades prioritarias para el estado.

- Divulgar los trabajos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, así como sus logros e impactos en los sectores de la sociedad.
- Fomentar el entendimiento y apropiación de la ciencia y la tecnología en la sociedad, para que ésta comprenda su importancia en la vida cotidiana.

Por su parte, el Consejo de Desarrollo Económico de Sonora surge como una respuesta de la Administración Pública del Estado para formalizar una alianza firme y duradera con los diferentes sectores económicos de la entidad, con la visión fundamental y especial de proponer estrategias conjuntas para responder con eficiencia y eficacia a los desafíos, amenazas, debilidades y oportunidades presentadas a Sonora a nivel nacional e internacional (COPRESON, 2014).

## 3.2 Principales IES y centros de investigación

### 3.2.1 Instituciones de Educación Superior

En la industria aeroespacial colaboran no sólo ingenieros en aeronáutica, sino también ingenieros mecánicos, mecatrónicos, industriales, en electrónica, en telecomunicaciones, en computación e informática, en materiales, en química y civiles, así como técnicos especializados para procesos metalmecánicos, de conformado de plásticos, electricidad, electrónica, etc.

En Sonora se cuenta con instituciones de educación superior con la oferta de carreras relacionadas con la industria como son: ingeniería mecánica, ingeniería mecatrónica, ingeniería industrial, ingeniería electrónica, ingeniería en sistemas, licenciatura en informática, ingeniería química e ingeniería civil. Estas carreras se ofrecen en:

- Universidad de Sonora.
- Universidad Estatal de Sonora.
- Universidad Tecnológica de Hermosillo.
- Universidad del Valle de México (UVM).

- Instituto tecnológico y estudios superiores de Monterrey (ITESM- CSN).
- Instituto Tecnológico de Hermosillo.
- Instituto Tecnológico de Sonora.
- Instituto Tecnológico de Nogales.
- Instituto Tecnológico de Guaymas.
- Instituto Tecnológico Superior de Cajeme.
- CONALEP

De las anteriores, son tres las instituciones que cuentan con mayor especialización en el sector aeroespacial, éstas son:

- **Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON):** Este instituto en conjunto con la Agencia Espacial Mexicana (AEM), trabajan de manera coordinada en el desarrollo de proyectos relacionados con el sector espacial, de comunicaciones y desarrollo de *software*. Su campo Guaymas, tiene una vocación hacia procesos de manufactura aeroespacial contando con carreras de Ingeniero en Mecatrónica, Ingeniero en Electrónica e Ingeniero Industrial y de Sistemas las cuales se orientan para mayor pertinencia, hacia el sector espacial. Desde 2008 ofrece una licenciatura en ingeniería industrial y sistemas de actuación en manufactura aeroespacial.
- **Tecnológico de Cajeme:** La institución ofrece la licenciatura en Ingeniería Mecánica con especialidad en aeronáutica. Ahí se preparan profesionales con herramientas y conocimiento para elaborar diseños, manufacturas, diagnósticos y mantenimiento de sistemas mecánicos que utilizan en el campo de la aeronáutica. Ofrece además una preparación sólida sobre CAD-CAM-CAE.
- **Universidad Tecnológica de Hermosillo:** Ofrece la carrera de Técnico Superior Universitario en manufactura aeronáutica, en el área de maquinados de precisión; además forma profesionales con competencias en la coordinación de procesos de manufactura aeronáutica, en técnicas de fabricación, en

herramientas de planeación y supervisión, en manufactura de piezas aeronáuticas mecanizadas y de equipos y métodos.

- **Universidad Tecnológica de Guaymas:** Ofrece la carrera de Técnico Superior Universitario en Manufactura Aeronáutica, en el área de maquinados de precisión; forma profesionales con capacidad de análisis y síntesis, habilidades para la investigación básica, las capacidades individuales y las destrezas sociales; habilidades gerenciales y las habilidades para comunicarse en un segundo idioma.
- **Universidad Tecnológica de Nogales:** Ofrece la carrera de Técnico Superior Universitario en Manufactura Aeronáutica en el área de maquinado de precisión.

Por otro parte, las empresas aeroespaciales han desarrollado sus propias escuelas de capacitación, entre las cuales en Sonora se desarrolló un programa de capacitación para la industria manufacturera en Guaymas y Empalme. Este programa fue desarrollado por el Centro Metrológico de México en conjunto con Maquilas *TetaKawi* (*The Offshore Group*). Al programa se le denominó: “Metromatemáticas, un modelo efectivo e innovador para la enseñanza de las matemáticas en el mundo real”. Finalmente, Maquilas *TetaKawi* en conjunto con CONALEP, ha desarrollado programas de vinculación exitosa entre la empresa y la escuela, impartiendo diversos talleres para capacitar a los futuros trabajadores de la industria (Maquilas *Teta Kawi*, 2014).

---

### 3.2.1 Centros de investigación

En el estado no se cuenta con centros de investigación enfocados específicamente con la industria aeroespacial. La organización de interés relacionada con el sector es el Instituto de Manufactura Avanzada y Aeroespacial de Sonora (IMAAS). Cuenta con con instalaciones en Hermosillo, se creó en respuesta a la creciente demanda de técnicos capacitados relacionada con las nuevas inversiones de empresas del sector aeronáutico.

El IMAAS es una escuela pública que proporcionará cursos y programas requeridos por la industria tales como ensamble de aeroestructuras, maquinados CNC, conformado con lámina, desarrollo de materiales compuestos y maquinados.

### 3.3 Detalle de empresas RENIECYT en el área de especialización

En 2013 se tiene el registro de 45 empresas dentro del sector Aeroespacial en Sonora (Business-Conexión, 2014), tales firmas lo colocan como la segunda entidad federativa con mayor presencia de empresas en el país, seguidos de Querétaro (33), Chihuahua (32) y Nuevo León (32) entre los principales. Solamente son tres las empresas del sector aeronáutico localizadas en Sonora que a 2013 cuentan con Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (SIICYT, 2014):

- *ADVANCED MATERIAL SOLUTIONS*, S.A. DE C.V. (Empresa micro)
- *TECNOLOGIAS GPG DE MEXICO* S.A. DE C.V. (Empresa mediana)
- *MAQUILAS TETA KAWI* S.A. DE C.V. (Empresa grande)

## 4. ANÁLISIS FODA DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

### 4.1 Fortalezas

- Localización geográfica cercana a EUA, Que es el mercado más importante y ello implica reducción de costos de producción.
- Experiencia y nivel de competitividad en los sectores Automotriz y Aeronáutico.
- *Clusters* en el estado que facilitan el desarrollo de la industria.

- Carácter prioritario de la Industria Aeroespacial dentro del Programa de Desarrollo del gobierno estatal.
- Política de atracción de inversiones del gobierno estatal.
- Programas de formación de recursos humanos y capacitación.
- Capacidades empresariales para procesos de manufactura avanzada (maquinados, subensambles, fabricación de componentes, sistemas hidráulicos y neumáticos, trenes de aterrizaje y motores).
- Certificaciones de calidad de las plantas principales de producción.

## 4.2 Oportunidades

- Existen otros sectores prioritarios en el estado que favorecen al sector Aeroespacial en el país y en el estado por sus demandas de partes y componentes.
- Tratados de libre comercio que permiten el acceso en condiciones preferenciales a 43 mercados.
- Posible migración de *clusters* y empresas de otros países al estado, favoreciendo el desarrollo técnico del sector.
- Requisitos de calidad, seguridad y sostenibilidad integral para el transporte aéreo de personas y mercancías, lo que genera nuevas demandas de infraestructura, producción, operación y mantenimiento.
- Planes de expansión de empresas multinacionales en México.
- Promoción activa de la Secretaría de Economía y ProMéxico.
- Plan estratégico del sector impulsado por SE y Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA).

## 4.3 Debilidades

- Cercanía con el mercado más grande del mundo poco aprovechada para realizar innovaciones y productos de mayor valor agregado.
- Cadena de suministro débil y baja integración de proveeduría nacional.
- Escasez de certificaciones de calidad de los proveedores nacionales de partes e insumos.
- Carencia de capital humano, programas de posgrado y cursos de especialización relevantes para la Industria Aeroespacial.
- Insuficiencia de centros y programas de investigación consolidados que ofrezcan servicios tecnológicos avanzados a la industria.
- Escasez de ingenieros, técnicos, programadores y operadores calificados para los procesos medulares de la industria.
- Falta de personal bilingüe.
- Vinculación escasa entre empresas e IES (la mayoría se centra en contratación de estudios de mercado y servicios técnicos).
- Ineficacia en planes de articulación gobierno-industria-academia.
- Baja incorporación de la tecnología a los procesos.
- Infraestructura tecnológica inadecuada.

## 4.4 Amenazas

- Velocidad del cambio tecnológico.
- Competencia de otros estados y *clusters* por las inversiones y proyectos de I+D.
- Posibles cambios en las prioridades de desarrollo en el estado.

## 5. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

Con base en el balance actual de fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, se identificó la necesidad de mayor inversión en infraestructura, equipo, investigación y educación para la inclusión y uso de la tecnología. Asimismo, se establece que la vinculación entre las empresas, el gobierno y la academia, traerá como consecuencia el desarrollo profesional del recurso humano apropiado para cubrir las necesidades del sector así como una oferta de servicios técnicos y de investigación que fortalecerá a proveedores potenciales. A partir de ello, se definió el siguiente objetivo para el área Aeroespacial:

**Impulsar la innovación del sector Aeroespacial en Sonora, con el fin de aumentar la agregación de valor y la articulación de la cadena de suministro, mediante el aprovechamiento de la demanda de productos y servicios y la infraestructura existente, así como fomentar el desarrollo de las capacidades técnicas y profesionales de los recursos humanos a fin de generar mayor especialización y calidad en el área.**

## 6. NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN

Las áreas de especialización identificadas en la industria aeroespacial de Sonora es el desarrollo de maquinados de precisión, así como la aplicación de tratamientos térmicos y químicos, particularmente en partes para turbinas. La justificación de los nichos de especialización es la descrita en las siguientes líneas.

## 6.1 Maquinados de Precisión

Actores relevantes del sector (consultores e industriales) han manifestado su visión sobre el potencial de desarrollo en la localidad de empresas de maquinados de precisión para la industria aeroespacial, citando el hecho de que ya se están instalando en la entidad varias empresas de este giro, principalmente de procedencia extranjera.

Los procesos de maquinados de precisión podrían ser desarrollados también por empresas locales, siempre y cuando se cuente con las capacidades, certificaciones y equipamientos necesarios, lo cual se estima factible.

El desarrollo o especialización de empresas locales, en la fabricación de maquinados de precisión para la industria aeroespacial, camina en consonancia con el desarrollo de la industria a nivel global y su desarrollo en México, así como con las buenas expectativas que se tienen para el sector y las capacidades de varias empresas e instituciones locales para el desarrollo de estos procesos.

De acuerdo con información proporcionada por especialistas del sector aeroespacial, varias de las grandes firmas del sector, entre ellas, *Eaton* y *Bombardier*, cuentan con programas activos de desarrollo de proveeduría local para hacer más eficientes sus procesos logísticos así como reducir sus costos de manufactura.

Los servicios que se demandan dentro de esta área de especialización, incluyen:

- Torneado CNC y convencional
- Fresado CNC y convencional
- Afinado y texturizado de superficies
- Pulido, grabado y estampado de metales
- Aplanado y desbastado de superficies
- Unión, fundición y aleación de metales
- Procesos de metalurgia

Además estos procesos pueden requerir de la implementación de pruebas destructivas y no destructivas, aseguramiento de la calidad, implementación de certificaciones específicas para la industria aeroespacial y procesos de inspección de las partes manufacturadas.

La sensible reducción en costos que representa la mano de obra calificada y no calificada en México, así como la cercanía a grandes empresas manufactureras del sector aeroespacial y la cercanía con EUA y Canadá (países donde se encuentran dos de los mayores fabricantes de aeronaves a nivel mundial *Boeing* y *Bombardier*), hacen que cada vez más empresas extranjeras del sector aeroespacial que fabrican maquinado de precisión se instalen en México, lo que demuestra el potencial de mercado que existe para empresas mexicanas que puedan competir a base de calidad y tecnología en la industria aeroespacial.

## 6.2 Tratamientos térmicos y químicos

Se ha mencionado por parte de especialistas y ejecutivos de empresas relacionadas con el sector en Sonora, la importancia de contar en el clúster de empresas especializadas en el desarrollo de procesos de tratamiento químico y térmico de metales.

Estos procesos especializados son sumamente importantes para la industria aeroespacial, ya que proveen a las partes metálicas de los recubrimientos necesarios para soportar condiciones de trabajo adversas, tales como altas o bajas temperaturas, corrosión y desgaste.

Entre los procesos que son requeridos por la industria, se encuentran:

- Galvanoplastia en general
- Platinado en oro/plata/cadmio/cromo/zinc/níquel, etc.
- Metalizado de plásticos
- Electroplatinado

- Electropulido
- Metalizado sobre cerámica
- Anodizado
- Pasivación de metales

Así como los procesos de prueba, inspección y control de calidad a través de técnicas como:

- Rayos X
- Inducción magnética
- Absorción atómica
- Abrasión
- Permeabilidad de líquidos
- Spray de sal

Es un requerimiento que los procesos estén certificados con los estándares de la industria: Nadcap y AS9100.

---

### 6.2.1 Objetivos tecnológicos a conseguir por cada Nicho de especialización

Los objetivos tecnológicos se refieren a los retos en la solución de un problema o el aprovechamiento de oportunidades que las empresas locales especializadas pueden valer dentro de las industrias estratégicas del estado.

#### **Maquinados de precisión**

Desarrollo de empresas certificadas locales de maquinados de precisión para ayudar a la industria en:

- Disminuir problemas logísticos en función de la disponibilidad de procesos locales para la proveeduría de partes al clúster aeroespacial.
- Disminuir costos al utilizar mano de obra calificada y no calificada nacional, en comparación con los costos de mano de obra calificada en EEUU.

- Disminuir tiempo para la manufactura de componentes, al contar el clúster con partes fabricadas localmente para su ensamble.
- Disponer de procesos necesarios para el crecimiento del clúster en el mediano plazo, al estar presentes actividades complementarias que incrementen la competitividad del mismo.

#### **Tratamientos térmicos y químicos**

Aumentar la disponibilidad de procesos para tratamientos térmicos y químicos, para que la industria aeroespacial en México y en particularmente el clúster en Sonora, se beneficie de la siguiente forma:

- Disminución de tiempos de manufactura, al contar con los tratamientos de superficies indispensables para el terminado de partes metálicas y plásticas de forma local.
- Disminución de la complejidad logística que representa el envío de partes de fabricación local, hacia el extranjero para ser terminadas a través de procesos químicos y térmicos.
- Mejora en los costos de manufactura, al aprovechar los recursos locales altamente capacitados disponibles, a costos competitivos en contraste con el costo de mano de obra calificada en EEUU.
- Incremento de la competitividad general del clúster aeroespacial, al contar con una base diversa de servicios indispensables para la fabricación de partes, de manera local.
- Cumplimiento de requisitos de certificación de procesos y sistemas de prueba.

Las empresas locales que se especialicen en este segmento de mercado, contarán con la creciente demanda del sector aeroespacial en expansión en México. Actualmente este tipo de servicios se realiza en el extranjero o de manera local por empresas extranjeras con el respectivo costo de operación elevado.

---

## 6.2.2 Identificación de líneas de innovación por cada nicho de especialización

En esta sección se indican las líneas prioritarias en las cuales las empresas especializadas deberán innovar para proveer al clúster aeroespacial de los servicios que este requiere y aprovechar las oportunidades que el sector ofrece.

- Maquinados de precisión

Con el objeto de dar respuesta a las necesidades del sector aeroespacial en Sonora, las empresas especializadas en maquinados de precisión deberán innovar en las siguientes líneas:

- Uniones Metálicas Especiales
- Maquinado de precisión
- Maquinados no convencionales
- Aplicación de pruebas mecánicas certificadas en componentes aeroespaciales
- Implementación de procesos de certificación
- Aplicación de pruebas destructivas y no destructivas certificadas
- Técnicas de calibración y metrología
- Procesos de metalurgia
- Tratamientos térmicos y químicos

El sector aeroespacial en Sonora, requiere que las empresas especializadas en tratamientos térmicos y químicos innoven en las siguientes líneas:

- Implementación de procesos de metalurgia
- Galvanoplastia en general
- Aplicación de procesos químicos en metales
- Aplicación de pruebas mecánicas certificadas en componentes aeroespaciales
- Aplicación de pruebas químicas certificadas en componentes aeroespaciales
- Aplicación de tratamientos térmicos certificados
- Aplicación de pruebas destructivas y no destructivas certificadas

## 7. CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS Y PLAN DE PROYECTO

### 7.1 Descripción de los proyectos

#### 7.1.1 Parque Tecnológico Aeroespacial Regional

La Institución Tecnológica Automotriz y Aeroespacial de Desarrollo e Investigación en Sonora (STAADIS), desapareció debido a que no logró generar actividades relevantes para la industria, por lo que no hay actualmente en la entidad un Parque Tecnológico que apoye las actividades de interacción entre gobierno, academia y empresa, la relación con centros de investigación y la promoción de servicios especializados de las instituciones de educación. Por lo anterior, no se ha logrado contribuir significativamente al desarrollo de una plataforma productiva con sustento en el conocimiento, a fin de aumentar la cuota local de valor agregado.

Por otro lado, el estado busca posicionarse como líder en la Industria Aeroespacial (iniciando por procesos especializados en fabricación de turbinas), para lo cual requiere del desarrollo de procesos especiales que podrían ser ofertados por empresas locales, generando así proveedores de alto valor agregado en la región e integrados a la cadena global Aeroespacial.

En este contexto, se propone el desarrollo de un Parque Tecnológico Aeroespacial Regional, con vocación específica en el desarrollo de las líneas de innovación identificadas (procesos especiales para componentes de turbinas como tratamientos térmicos, revestimientos por difusión y anodizados, entre otros).

**Objetivo.**

Desarrollar el proceso de integración de las empresas locales a la cadena global Aeroespacial, mediante la generación y asimilación de procesos de alta calidad y la mejora de los ya existentes, a fin de aumentar los estándares de calidad y el desarrollo económico del estado y disminuyendo los costos de producción.

**Justificación.**

El rápido y acelerado despegue del sector aeroespacial ha ido de la mano de un proceso de escalamiento industrial. En una primera etapa, México manufacturaba piezas simples, ensambles y aeropartes sencillas. Actualmente el país se encuentra en una segunda etapa que incluye procesos más complejos en la fabricación de turbinas, fuselajes, arneses y trenes de aterrizaje, esta etapa corresponde a actividades manufactureras de mayor valor agregado. La evolución de la industria aeroespacial mexicana se encamina hacia una tercera etapa basada en el diseño e ingeniería, y el ensamble de aviones completos.

De acuerdo con esta tendencia, Sonora busca posicionarse como líder en la industria aeroespacial (iniciando por procesos especializados en turbinas), para lo cual requiere que se desarrollen procesos especiales que podrían ser ofertados por empresas locales generando empresas de alto nivel de valor agregado en la región, integradas a la cadena global aeroespacial.

El parque tecnológico pondrá a disposición de las empresas las áreas de soporte y opciones de capacitación especializada necesarias para el desarrollo de los procesos requeridos por la industria aeroespacial al mismo tiempo que creara un ambiente de colaboración para el desarrollo de una cadena de proveeduría local.

**Descripción.**

Con la realización de este proyecto se busca generar un espacio físico y organizacional que permita fortalecer la cadena de valor de la Industria Aeroespacial, mediante condiciones preferenciales para obtener servicios tecnológicos calificados, asesoría para

su certificación y contacto con empresas tractoras. Asimismo, el Parque Tecnológico impulsará la creación de nuevas empresas en los nichos de especialización de maquinados de precisión y tratamientos térmicos y químicos.

Se propone que el proyecto sea coordinado por el sector privado, por lo que podría ser impulsado por el *cluster* Aeroespacial de Guaymas/ Empalme. Las unidades que componen la estructura del Parque incluyen a empresas proveedoras; empresas tractoras ensambladoras; centros educativos y de investigación; y a proveedores de servicios de consultoría.

La creación del Parque debe contemplar el establecimiento de Centros de Desarrollo Tecnológico específicos para la industria, con la participación del sector Industrial en los nichos de especialización, a modo de cumplir con las siguientes funciones:

- Desarrollo de nuevas áreas tecnológicas.
- Desarrollo específico de I+D+i, vinculado a las necesidades de la industria.
- Vinculación de actores (CDT, universidades y Conacyt) y mecanismos cooperativos (AERIS<sup>3</sup> y redes) para soporte y desarrollo de proyectos conjuntos.
- Laboratorio(s) de pruebas y de diseño específico para la industria con participación del sector Industrial.

Las PYME que se incorporen al Parque dispondrán de diversas herramientas de apoyo que les permitirán incrementar su productividad y certificarse para competir en los mercados globales del sector. El apoyo a la certificación deberá incluir por lo menos alguna certificación en calidad y otra en procesos de implementación, como AS 9100, ISO 9001-2000, Nadcap, ISO 14001, QS 900 o QLP, entre otras. También se deberá promover el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, según sea el objeto social de la empresa, entre ellas Norma sobre modificación y alteraciones de aeronaves (PROY-NOM-021/3-SCT3-2010), Norma para manufacturar productos aeroespaciales (NOM-021/5-SCT3-2011), Norma sobre servicios complementarios de rampa (NOM-040/5-

---

<sup>3</sup> Agencia de desarrollo y servicio interactivo

SCT3-2011), Norma sobre requisitos y especificaciones para el establecimiento y funcionamiento del taller aeronáutico (PROY-NOM-145-SCT3-2000), entre otras.

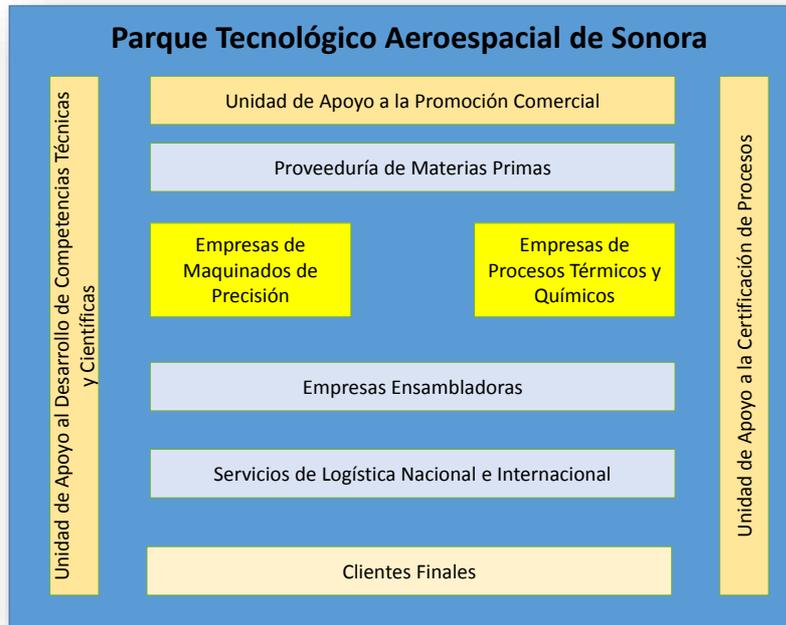
La estructura del parque promoverá contactos de negocio entre las grandes empresas y las PYME en áreas en donde sean competitivas, además de promover alianzas estratégicas entre PYME para consolidar la cadena productiva. En el mediano plazo, el parque tecnológico deberá incluir una incubadora de empresas de base tecnológica, para el desarrollo de nuevos emprendimientos ligados al sector

El financiamiento del parque puede provenir de las siguientes fuentes:

- Aportaciones de la industria
- FOMIX Sonora para la elaboración del plan de negocio y proyecto ejecutivo.
- INADEM para la primera fase (unidades de investigación y servicios de maquinados y tratamientos térmicos y químicos).
- FINNOVA para proyectos de certificación de empresas.
- FIT para la creación de centros de ingeniería de empresas.
- PEI para la creación de plantas piloto y proyectos de desarrollo tecnológico de empresas alojadas en el parque.

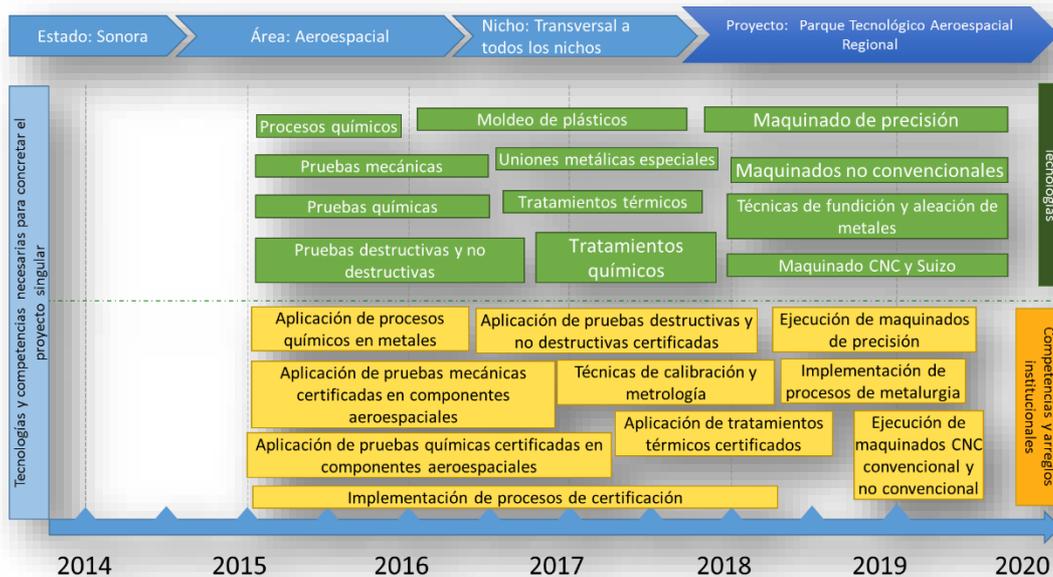
Las tecnologías y competencias a desarrollar se presentan en el mapa de ruta de la Ilustración 18.

Ilustración 18 Estructura del Parque Tecnológico propuesto



Fuente: CambioTec, 2014

Ilustración 19. Mapa de ruta para el Parque Tecnológico Aeroespacial Regional



Fuente: CambioTec, 2014

**Entre los factores críticos para el éxito** de este proyecto se encuentran: personal especializado en el área, experiencia en el área de ingeniería, TIC o electrónica, conocimiento de las normas de certificación en el área, espacio e infraestructura inversión económica del gobierno federal y/o el estado.

---

### 7.1.2 Red de investigación y servicios especializados en las Industrias Aeroespacial, Automotriz y Minera.

#### **Objetivo.**

Se trata de generar una alianza que integre y potencialice el conocimiento académico, las capacidades de formación, la investigación y provisión de servicios tecnológicos, así como la vinculación permanente con las industrias Aeroespacial, Automotriz y Minera a partir de las IES y centros de investigación públicos y privados instalados en todo el estado.

#### **Justificación.**

Las ciudades de Nogales, Hermosillo, Guaymas y Cd. Obregón cuentan con fortalezas como recursos humanos de alta especialidad, así como con infraestructura básica de investigación y desarrollo tecnológico en las Industrias Aeronáutica, Automotriz y Minera. Con el fin de no concentrar la infraestructura en un solo lugar y en una actividad específica, es de interés generar una red de investigación y de servicios especializados en las áreas relevantes para las industrias prioritarias, de acuerdo con la vocación de cada una de las regiones mencionadas.

En este marco, se propone crear una alianza que integre y potencialice el conocimiento académico, las capacidades de formación e investigación, así como la vinculación permanente con las Industrias Aeroespacial, Automotriz y Minera, a partir de las IES y CI públicos y privados instalados en todo el estado.

#### **Descripción.**

La actividad preponderante de la red de investigación se focalizará en promover una vinculación inteligente y especializada, así como en articular programas conjuntos de

capacitación docente y cursos de especialización para alumnos y profesionales activos en la industria. También permitirá crear una comunidad virtual que impulse el intercambio de información y contenidos sobre la industria, y un banco de datos sobre laboratorios, infraestructura y capacidades de investigación de cada uno de los miembros de la red.

Las instituciones universitarias que conformarían esta red son: el Instituto de Manufactura Avanzada y Aeroespacial de Sonora (IMAAS), la Universidad de Sonora, la Universidad Tecnológica de Hermosillo, la Universidad del Valle de México (UVM), el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey-Campus Sonora Norte (ITESM-CSN), los Institutos Tecnológicos de Hermosillo, Sonora, Nogales, Guaymas, Cajeme y el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP), entre otros. Asimismo, se plantea fortalecer alianzas con el CIMAV, CTQ Y CIDESI.

Para este fin, la Universidad Tecnológica de Guaymas podría actuar como nodo coordinador de la red, debido a que ésta aún se encuentra en construcción y es posible instalar en ese campus un anexo enfocado para tal fin.

La red deberá contar con nodos ubicados en Nogales, Hermosillo, Guaymas y Cd. Obregón. Cada nodo deberá responder a las demandas empresariales de acuerdo con las respectivas vocaciones tecnológicas de cada ciudad. Esto apuntará al desarrollo y oferta de servicios tecnológicos específicos para cada subsector de la Industria Aeroespacial.

**Ilustración 20. Mapa de ruta para la Red de investigación y servicios especializados en las Industrias Aeroespacial, Automotriz y Minera.**



Fuente: CamBioTec, 2014

## 7.2 Proyecto complementario.

### **Programa de posgrado Interinstitucional para la formación de maestros en ingeniería aeroespacial.**

La estrategia estatal de largo plazo en el sector (2011–2019) está diseñada para maximizar el potencial de fabricación de álabes de turbinas y componentes para motores, tomando en cuenta la competitividad en costos de la cadena de valor, la ubicación geográfica del estado y un modelo de negocios basado en la generación de talento, así como en una cadena de suministro integrada. La visión del gobierno de Sonora en cuanto a la generación de capacidades en el sector, se centra en el “desarrollo de talento humano” y en el “desarrollo de educación superior de los gerentes mexicanos en el sector”. En este sentido, es necesario iniciar los trabajos para desarrollar capital humano de alta especialización en el área y con ello lograr la consolidación de los objetivos propuestos para el estado en el largo plazo.

Por otra parte y como resultado de las entrevistas a profundidad con representantes de empresas en el sector, se identificó que si bien actualmente una de las necesidades latentes en la industria es contar con personal técnico calificado en manufactura, diseño de Control Numérico por Computadora (CNC), y con operadores especializados en general; también existe una demanda incremental de ingenieros mecánicos con especialidad en maquinado de partes de turbinas aeroespaciales e industriales, así como posgrados en diferentes especialidades del sector.

#### **Objetivo.**

Formar recursos humanos especializados para sustentar la transición de la industria Aeroespacial hacia la agregación de valor con elementos de ingeniería, diseño y desarrollo, utilizando como plataforma a las instituciones existentes en el estado.

### **Justificación.**

Las consultas realizadas y el análisis de las capacidades revelan con claridad que no hay en el estado programas de formación especializada con nivel de posgrado que puedan además ofrecer cursos de especialización, diplomados, capacitación y asistencia técnica para la industria aeroespacial.

Por ello, es urgente subsanar esta carencia con el ánimo de reforzar uno de los factores competitivos más importantes.

### **Descripción.**

Se trata de estructurar una red de formación a nivel de posgrado coordinada por una institución de educación superior (puede ser el Instituto Tecnológico de Sonora) para ofrecer un programa en sedes múltiples. El programa formativo debe definirse de acuerdo con la industria, FEMIA, COMEA, CONACYT, SEP y el gobierno estatal.

Se busca reunir especialistas de la academia y la industria para ofrecer posgrados, cursos y diplomados de capacitación para estudiantes y profesionales de la industria iniciando al menos con las siguientes áreas:

- **DISEÑO:** profesionales especializados preferentemente con posgrado en áreas de diseño y desarrollo de herramientas de precisión (tolerancias geométricas), dominio de software de análisis (elemento), planeación de calidad de producto y dibujo mecánico y electrónico. Desarrolladores de componentes de turbinas que además cuenten con conocimientos en celdas de producción, diseños de procesos de manufactura en la fabricación de nuevos desarrollos y puesta en marcha de proceso de fabricación de piezas mecánicas.
- **MANUFACTURA DE ALTA PRECISIÓN:** técnicos con buenas bases teórico-prácticas en competencias comunes para la industria aeronáutica en las áreas de mantenimiento y maquinado de alta precisión en general (fresado, torneado, brochado, cepillado, limado, taladrado, etc.). Generando profesionales en las siguientes áreas:

- Maquinado de componentes para de turbinas y motores.
- Manejo de sistemas de gestión de calidad como *Advanced Product Quality Planning (APQ)*, Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF), conocimiento en ISO 16949, entre otros.

## 7.3 Matriz de proyectos

Tabla 13. Matriz de proyectos

Proyecto/Tipo de proyecto		Nicho	Descripción
Parque Tecnológico Aeroespacial Regional	Estratégico	Transversal a todos los nichos	Desarrollar el proceso de integración de empresas locales a la cadena global Aeroespacial, mediante la generación y asimilación de procesos de alta calidad y la mejora de los ya existentes, a fin de aumentar los estándares de calidad y el desarrollo económico del estado, disminuyendo los costos de producción.
Red de investigación y servicios especializados en las Industrias Aeroespacial, Automotriz y Minera	Estratégico	Transversal a sectores Automotriz y Minería	Generar una alianza que integre y potencie el conocimiento, las capacidades de formación, la investigación y provisión de servicios tecnológicos, así como la vinculación permanente con las Industrias Aeroespacial, Automotriz y Minera a partir de las IES y los centros de investigación públicos y privados instalados en diversas ciudades del estado.
Programa de posgrado interinstitucional para la formación de maestros en ingeniería aeroespacial	Complementario	Transversal a todos los nichos	Formar recursos humanos especializados para sustentar la transición de la Industria Aeroespacial hacia la agregación de valor con elementos de ingeniería, diseño y desarrollo, utilizando como plataforma a las instituciones existentes en el estado.

Fuente: CambioTec, 2014.

## 8. REFERENCIAS

- Aerostrategy. (Septiembre de 2009). *Aerostrategy Analysis*. Obtenido de "Aerospace Globalization 2.0: The next stage", A Discussion Paper: [www.aerostrategy.com](http://www.aerostrategy.com)
- Bello Roch, C. J. (2013). FEMIA. (M. B. Web, Entrevistador)
- CEPAL. (2013). *Panorama de la Inserción Internacional de América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile: ONU.
- COECYT. (2014). Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología. Obtenido de <http://coecytcoahuila.gob.mx/quienes-somos/>
- COLEF. (2006). Diagnóstico de la industria aeroespacial en Baja California. Características productivas y requerimientos actuales y potenciales de capital humano. Baja California: Colegio de la Frontera Norte.
- Contreras. (2013). Capacidades de manufactura global en regiones emergentes. La industria aeroespacial en Sonora. México, D.F.: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede México. Obtenido de [http://copreson.sonora.org.mx/index.php?page\\_id=5](http://copreson.sonora.org.mx/index.php?page_id=5)
- COPRESON. (2012). *Consejo para la promoción económica en Sonora*. Recuperado el 06 de Marzo de 2014, de COPRESON: <http://es.sonora.org.mx/index.php/index.php>
- De la Mora, V. (2013). FEMIA. (Anónimo, Entrevistador)
- Economía. (2012). *Industria Aeronáutica en México*. México: Secretaría de Economía.
- Exteriores, S. d. (Agosto de 2013). *NOTISEM*. Obtenido de La Industria Aeroespacial en México: [http://consulmex.sre.gob.mx/boston/images/pdfs/nota\\_esp\\_aero.pdf](http://consulmex.sre.gob.mx/boston/images/pdfs/nota_esp_aero.pdf)
- FEMIA. (2012). *Pro-Aereo 2012-2020 Programa estratégico de la industria aeroespacial*. México: Secretaría de Economía.
- FMA Communications, I. (21 de Diciembre de 2012). *La industria aeroespacial mexicana agarra vuelo*. Recuperado el 08 de Julio de 2014, de FMA Communications, Inc.
- FUMEC. (2012). Desarrollo de un Plan Estratégico para el fortalecimiento y articulación de la cadena de valor de la Industria Aeronáutica en el Estado de México. Toluca, Estado de México: Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología.
- Giulia Salieri y Lucrecia Santibáñez. (2010). *Estudio de las necesidades de capital humano de la Industria Aeroespacial en México*. México: IDEA.
- Gobierno del Estado de Sonora. (2013). Fortalecimiento de la infraestructura productiva aeroespacial en Cd. Obregón. Dirección General de Industria Manufacturera. Cd. Obregón: Gobierno del Estado de Sonora.
- Hernández, E. (2013). Mexican Business Web.
- Hustler, J. (2011). *Aerospace Global Report. A Clearwater Industrials Team Report*. Londres, Reino Unido: Clearwater Corporate Finance llp.
- INEGI. (2013). *Perspectiva económica de Sonora Junio 2013*. Sonora: INEGI.
- INEGI. (Febrero de 2014). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 24 de Marzo de 2014, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/>
- Ingeniería, A. d. (2013). *La ingeniería en la industria aeroespacial*. México: AI.
- Maquilas Teta Kawi. (Noviembre de 2014). MTK. Obtenido de 2011: <http://www.mtk.com.mx/2013/08/programa-aprendizaje-en-la-empresa-the-offshore-group-mtk-en-conjunto-con-conalep/image004/>

- Mecham, M. (1 de Abril de 2013). *Mexico's Welcome Mat Attracts Aerospace Manufacturers*. Obtenido de Aviation Week & Space Technology : <http://aviationweek.com/awin/mexico-s-welcome-mat-attracts-aerospace-manufacturers>
- Miranda. (Octubre, 2010). Sectores emergentes y capacidades tecnológicas locales: acercamiento al caso de la industria aeroespacial en Sonora. Hermosillo, Sonora: CONCYTEG.
- Morán Moguel, C. A., & Mayo Hernández, A. (2013). *La Ingeniería de la Industria Aeroespacial*. México D.F.: Academia de Ingenieros de México.
- Organization, W. T. (2014). *Worlds top tourism spendders*. Obtenido de <http://www.world-tourism.org/facts/eng/pdf/indicators/WorldTourismSpenders.pdf>
- PROMEXICO, c. (2014). Plan de Vuelo, Industria Aeroespacial Mexicana, Mapas de Ruta. México, D.F.: PROMEXICO.
- ProMéxico. (2010). *Es momento de voltear a ver a México*. México, D.F.: ProMéxico.
- PROMEXICO. (2012 a). Plan de Vuelo Nacional. México, D.F.: ProMéxico.
- PROMEXICO. (2012 b). Plan de Vuelo, Industria Aeroespacial de México, Mapa de Ruta, Baja California. Ciudad de México: PROMEXICO.
- Robles. (2013). El Clúster Aeroespacial en Baja California: Diagnóstico y Propuesta metodológica para analizar su evolución y medir el desempeño. Tijuana, México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Sacho, R. (2007). Innovación industrial. *REVISTA ESPAÑOLA DE DOCUMENTACIÓN CIENTÍFICA* , 553-564.
- SCT. (2010). Sector aeronáutico en Sonora. México, D.F.: Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
- SE-DGIPAT. (2012). *Industria Aeronáutica en México*. México: Secretaría de Economía.
- TRADEMAP. (Enero de 2013). *International Trade Center*. Obtenido de Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas: [http://www.trademap.org/Country\\_SelProductCountry\\_TS.aspx](http://www.trademap.org/Country_SelProductCountry_TS.aspx)
- Turismo, S. d. (2011). Secretaria de Turismo. *Quinto informe de labores*.
- Urrutia-Figueroa, D. H. (2002). *Investigación, Invención e Innovación*. México: IPN.
- Ventura-Dias, V. (2011). El turismo, su cadena productiva, y el desarrollo incluyente en América Latina: los casos de Brasil y México.

