



Universidad Nacional Autónoma de México
Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración

Título de la Tesis

**Encadenamientos productivos en México:
La Industria Aeroespacial en Querétaro**

T e s i s

Que para optar por el grado de:

Doctor en Ciencias de la Administración

Presenta:

Arturo Mejía Ramírez

Comité Tutor

Tutor principal:

Dra. María de Lourdes Álvarez Medina
Facultad de Contaduría y Administración, UNAM

Dr. José Luis Solleiro Rebolledo
Facultad de Contaduría y Administración, UNAM

Dr. Ricardo Melgoza Ramos
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua

Ciudad de México, 22 febrero de 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Introducción	iv
Capítulo 1: Metodología de la investigación	1
1.1 Planteamiento del problema	1
1.2 Preguntas de investigación	3
1.3 Objetivo general	4
1.4 Objetivos específicos.....	4
1.5 Metodología de la investigación.....	4
Capítulo 2: Marco Teórico.....	13
2.1 Multinacionales y grandes empresas	13
2.2 Cadenas de valor y escalamiento intersectorial	15
2.3 Cadena de valor de la industria aeroespacial	25
2.4 Cadena de valor de la industria de autopartes	31
2.5 Estudios previos sobre la industria aeroespacial en México.....	32
Capítulo 3. La industria aeroespacial mundial.....	40
3.1 Producción mundial.....	40
3.2 Valor del mercado mundial aeroespacial.....	41
3.3 Estructura de la industria aeroespacial mundial	43
3.3.1 Aeronaves comerciales.....	44
3.3.2 Aeronaves regionales	45
3.3.3 Aeronaves de aviación general (aviones ejecutivos)	46
3.3.4 Ventas de la industria aeroespacial.....	47
3.4. Principales empresas mundiales	50
3.5 Proyección de ventas de aviones por empresa a nivel mundial	52
3.6 Tendencias mundiales del sector aeroespacial e implicaciones para México.....	55
3.7 Implicaciones de las tendencias de la industria aeroespacial para México:	58
3.8 Derecho aeroespacial.....	58
3.9 Certificación de proveedores de la industria aeroespacial	60
3.10 Procedimiento para obtener la certificación ante PRI/NADCAP:	64

3.11	Estado de certificación aeroespacial de empresas en México	67
------	--	----

Capítulo 4. La Industria aeroespacial en México 69

4.1	Importancia.....	69
4.2	Localización y producción de empresas productoras de partes de avión	72
4.3	Vocación Aeroespacial de México	79
4.4	Inversión de la industria aeroespacial en México.....	83
4.5	Balanza Comercial del sector aeroespacial en México.....	85
4.6	Aeropartes con potencial de producción por la industria de autopartes	92
4.7	Análisis FODA del sector aeroespacial	92
4.8	Perfil profesional capacitado en México	94
4.9	Generación de empleos en el sector aeroespacial en México	96
4.10	Los Centros de Investigación en México	97

Capítulo 5. La Industria aeroespacial y de autopartes en Querétaro 99

5.1	Importancia.....	99
5.2	Empresas productoras de partes de avión.....	100
5.3	Inversión aeroespacial	102
5.4	La estructura del sector aeroespacial	104
5.5	Principales empresas multinacionales en Querétaro.....	105
5.6	Personal profesional capacitado	106
5.7	Producción de autopartes en México y Querétaro.....	109

Capítulo 6. Resultados de la investigación y encadenamiento de los sectores aeroespacial y autopartes en Querétaro 115

6.1	Resultados de la investigación:	115
6.2	Análisis de las entrevistas por pregunta y empresa	117
6.3	Encadenamiento de los sectores aeroespacial y autopartes en Querétaro.....	141
6.4	Inversión.....	147
6.5	Capacitación.....	149

6.6	Certificación	154
6.7	Escalamiento tecnológico	157
Capítulo 7. Conclusión		158
Bibliografía.....		164
Anexo 1		177
Anexo 2		218
Anexo 3		220
Anexo 4:.....		224

Introducción

El crecimiento de la industria aeronáutica y aeroespacial¹ (IAA) mundial ha sido exponencial en el último lustro, tanto en número de aviones vendidos como en el número de pasajeros transportados, y se prevé que en las próximas décadas se presentarán cambios en la demanda de aviones que den servicio principalmente a vuelos de bajo costo. Esto impulsará la producción de aviones y sus partes en países en desarrollo, lo que responde a la tendencia de fabricación global con dispersión geográfica y funcional (Gereffi, 1994, kaplinsky y Readman, 2001; Kierzkowski-Jones, 2004), siempre y cuando estos países cuenten con tecnología de punta, reglamentación sobre propiedad intelectual compatible y obligatoria, infraestructura, apoyo de industrias de soporte y capacidades necesarias en la fuerza de trabajo.

Estados Unidos es el principal productor del mundo y en 2014 contribuyó con 50% del total de la producción, seguido por la Unión Europea (35%), Japón (6%) y Canadá (6%). Nuevos jugadores como China, Israel, Taiwán, Brasil, Corea, India y Pakistán comienzan a desarrollar una producción significativa y a competir en la proveeduría de partes para avión. Además, la industria aeroespacial puede considerarse como un mercado alternativo para los fabricantes de piezas de automóviles y podría ser un camino deseable a seguir (Bridging, 2008). Este punto de vista también se comparte por la Michigan Aerospace Manufacturer's Association (MAMA) lo cual aumentaría el número de jugadores en la industria y la competencia, (Gereffi G., 1999). Hubert y Humprey (2002) refieren este fenómeno en su marco teórico como **mejoramiento de cadenas** y **escalamiento intersectorial** en donde una competencia adquirida en una función particular se desplaza a otro sector productivo. Kaplinsky y Morris (2009) lo incluyen como una **innovación en la mejora de cadenas productivas**.

Morán y Mayo (2013), establecen que México se ha convertido en un buen prospecto para recibir flujos de inversión extranjera y las multinacionales de la industria aeroespacial lo toma en cuenta en sus planes de inversión. La manufactura de partes,

¹ La industria aeroespacial se refiere a productos que circulan fuera de la atmósfera terrestre y la industria aeronáutica a los productos únicamente en la atmósfera (IAA).

ensambles y subensambles específicos, mantenimiento, reparación y operación (MRO), ingeniería, capacitación, investigación y desarrollo son las áreas en que participa.

Efectivamente, la IAA en México ha tenido un importante crecimiento en la última década (2006 – 2015) y de acuerdo con las declaraciones del gobierno de México tiene un futuro promisorio para el 2033. “Su crecimiento representaría para las industrias relacionadas una gran oportunidad para crecer al mismo ritmo y en forma conjunta, por medio del abastecimiento de insumos y productos aeroespaciales. Los principales sectores relacionados son el electrónico, el metalmecánico, la fundición, el plástico, el químico y el de autopartes” (ProMéxico, 2013). En México se tienen más de 300 empresas del sector aeroespacial, de las cuales el 80% se dedican a la manufactura, y 20% a servicios de diseño e ingeniería y MRO (Comercio-Exterior, 2016).

La IAA cuenta con dos nodos que reúnen capacidades en Investigación, Desarrollo y Educación, uno es el clúster de Baja California / Corredor Pacífico (México—Vancouver) y el otro es el Corredor Centro Norte en donde se localiza el aeroclúster Querétaro, que está asociado a los súper corredores de Texas—Nueva Inglaterra—Montreal.

El plan de desarrollo del estado de Querétaro y las agendas de innovación del Conacyt (2015)² lo señalan como gran participante en el desarrollo de esta industria produciendo ensambles complejos de motor y con capacidad de manufactura para tratamientos térmicos. Además es el segundo gran productor de la industria aeroespacial en México. Casalet (2013) señala que el involucramiento activo de las empresas multinacionales tractoras de la industria aeroespacial se dio especialmente en Querétaro. Esto propició diversas acciones para la comunicación e intercambio interempresarial que abarcaron: el financiamiento directo e indirecto para reunir grandes empresas con empresas proveedoras locales, los estímulos para mejorar la estructura organizacional, la coordinación de la distribución de los recursos cognitivos y la difusión del conocimiento, el apoyo a la capacitación técnica y profesional y el apoyo para lograr competencias profesionales, organizativas y de calidad.

En Querétaro se busca desarrollar a proveedores de partes de avión que se integren verticalmente a la industria aeroespacial, principalmente empresas que provengan del sector

² <http://www.agendasinnovacion.mx>

de autopartes con capacidad de inversión, y con posibilidad de escalar en tecnología y mano de obra, con objeto de atender la demanda proveniente de empresas como Bombardier, Airbus, Boeing, Eaton, Safrán e ITT, entre otras. (Nuevas alas para la industria aeroespacial, 2010).

Por otro lado, y gracias al crecimiento que la industria automotriz ha tenido en México, especialmente a partir de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) (1994), se han desarrollado proveedores de clase mundial, en su mayoría extranjeros y pocos nacionales que trabajan con la industria terminal, y que cuentan con mano de obra especializada, inversión en maquinaria y equipo de alta tecnología y con certificación internacional, elementos que pueden coadyuvar y dar soporte para la migración de proveeduría de aeropartes.

Esta información nos llevó a preguntarnos si efectivamente el sector de autopartes ubicado en México aprovecha el crecimiento de la industria aeroespacial y tiene posibilidad de ser parte de la cadena de proveeduría de partes de avión, contando con el escalamiento tecnológico requerido por la IAA. Además, queremos conocer qué factores se deben de tomar en cuenta para modificar sus estructuras fabriles, qué tipo de personal calificado deben de tener, qué requerimientos de certificación exigen las empresas aeroespaciales terminales, qué estructuras administrativas deben de estructurarse, y qué tipo de tecnología deben de incorporar. Nuestra hipótesis de trabajo consideró que debido al acelerado crecimiento de la industria automotriz en México y al proceso de upgrading industrial detectado esta puede presentar un escalamiento intersectorial, hacia el sector aeroespacial.

Para contestar estas preguntas se realizó una investigación exploratoria, descriptiva, cualitativa por medio de entrevistas a profundidad a expertos en la industria aeroespacial. Iniciamos con la revisión de la literatura sobre empresas multinacionales, cadenas de valor global, y estudios sectoriales de la industria aeroespacial. Debido a que no existen estudios sobre el escalamiento intersectorial entre la industria de autopartes y aeroespacial en México decidimos realizar una **investigación cualitativa** en dos tiempos: a) Inicialmente detectamos expertos en el sector asistiendo a la primera feria aeroespacial de México que fue realizada en el campo militar Santa Lucia, en abril de 2015. Mediante la técnica de bola de nieve que consiste en detectar a un experto y pedir su opinión sobre otras personas consideradas como expertos en la industria, se entrevistaron a las siguientes personas: al

director de una empresa paraestatal, al director de vinculación de una universidad dedicada a preparar recursos humanos para el sector aeroespacial y al director del Centro de Alta Tecnología de la Facultad de Ingeniería de la UNAM campus Querétaro. b) Posteriormente se visitaron ocho empresas: dos empresas en el sector aeroespacial y seis de autopartes que fueron recomendados por el director de una empresa aeroespacial para conocer su opinión sobre **mejoramiento de cadenas y escalamiento intersectorial**. Se encontró que tres empresas en Querétaro habían tenido la experiencia de ser proveedora en las dos cadenas: autopartes y aeropartes por lo que también utilizamos la metodología de estudio de caso (Yin, 2001).

Encontramos cuatro factores críticos para lograr el escalamiento intersectorial entre la industria automotriz y la aeroespacial: escalamiento tecnológico, inversión requerida y tiempo de recuperación, especialización de la mano de obra y certificación.

En el periodo estudiado (2010 – 2014) se detectaron pocos proveedores de partes de avión provenientes de la industria de autopartes, lo que muestra la poca participación activa de este sector como proveedor de la industria aeroespacial. Las limitantes encontradas fueron: escasez de mano de obra calificada, falta de materia prima especial para la fabricación de partes de avión (aceros especiales, material compósito y titanio, entre algunos), escasez de herramental para manufactura e instrumental para la verificación de tolerancias, e inversión en escalamiento tecnológico, capacitación y certificación.

Esta tesis está estructurada en siete capítulos:

En el primer capítulo se describe la metodología utilizada en esta investigación. Debido a que los estudios de la IAA en México son escasos seguimos una metodología cualitativa. Ésta considera que es adecuado el estudio cualitativo en situaciones particulares en donde se requiere profundidad y detalle. El qué y el cómo son básicos para comprender el fenómeno de **escalamiento intersectorial**. También se define el problema, las preguntas de investigación, los objetivos, y la metodología del método de caso.

En el segundo capítulo se refiere al marco teórico en donde hace una revisión de la literatura sobre el funcionamiento de las multinacionales, las cadenas globales de producción y el escalamiento industrial. El comportamiento de las multinacionales y las situaciones de internacionalización son descritos y nos ayudan a entender el comportamiento de estas empresas. Tanto Gereffi como Kaplinsky en la parte de cadenas

globales de producción describen el fenómeno bajo estudio. El primero lo clasifica como **escalamiento intersectorial** mientras que el segundo habla de **mejoramiento de cadenas productivas** y señalan sus causas. También se revisan tres casos de estudio del sector aeroespacial: uno en Querétaro, otro en Baja California y el último en el País Vasco. El estudio sobre Querétaro es antecedente para nuestro trabajo y se enfoca en las políticas nacionales y estatales dirigidas a atraer empresas del sector. En el caso de Baja California se determinan las características productivas del sector aeroespacial, se detecta el tipo de competencias del personal empleado y ofrecen un escenario de requerimientos potenciales que pudieran darse en el supuesto de una evolución hacia operaciones más complejas. El ejemplo del País Vasco permite conocer cómo las empresas del sector crean y desarrollaron ventajas competitivas.

En el tercer capítulo se describe la industria aeronáutica y aeroespacial mundial. Iniciamos con la producción mundial, el valor de mercado y la participación por país para dar una idea de su importancia. La industria se explica desde la óptica de productos fabricados: aviones de uso civil, militar y servicios. El análisis de demanda y de la producción nos dejan ver las oportunidades que existen para surtir aviones en el sector y la especialización de las empresas por tipos de producto. La estructura es oligopólica y se describen las principales empresas mundiales. Se reflexiona sobre las tendencias del sector en estructuras y sistemas, motores, combustibles, control y tráfico aéreo, situación económica, social, ambiental, política y legal, y las implicaciones para México. Se analiza el procedimiento de certificación internacional que las empresas ensambladoras exigen a sus proveedores, así como el procedimiento a seguir por éstos.

En el capítulo cuatro describimos la industria aeroespacial en México. Factores como la inversión extranjera directa, la balanza comercial, el derecho aeroespacial en México, la localización y la producción de empresas nos dan una imagen del sector. La explicación de la cadena de valor del sector aeroespacial nos permite comprender cómo se conecta con el exterior y el análisis FODA nos explica la situación que guarda respecto a oportunidades y amenazas. Otro apartado nos lleva al análisis de los recursos humanos necesarios en la industria especialmente el perfil profesional y las nuevas áreas de educación aeroespacial dentro de instituciones de educación superior.

En el quinto capítulo se describe la importancia de la industria aeroespacial en Querétaro, las principales empresas productoras de partes de avión de acuerdo a su vocación en manufactura, investigación y desarrollo, manufactura e investigación y desarrollo y MRO. Se analizan las principales empresas multinacionales y sus principales productos de su cadena de valor, así como el número de empleados con que cuentan. Se analiza también el comportamiento de la producción de autopartes en México y Querétaro, la inversión de las EMN, se describe también la estructura del aglomeramiento en Querétaro incluyendo políticas estatales, plan general de ciencia y tecnología, fideicomiso promotores de empleo y programas de articulación productiva.

En el sexto capítulo se presenta el análisis de los resultados de la investigación, derivado de la aplicación del formato a expertos de las industrias aeroespacial y de autopartes, con objeto de conocer la problemática que se presenta a las empresas de autopartes en su camino a la proveeduría de aeropartes, en cuanto a escalamiento tecnológico, capacitación especializada, inversión, procedimientos de certificación internacional, así como necesidades y requerimientos de la industria aeroespacial, y el análisis de las entrevistas por empresa y pregunta. Se analizan los resultados de las encuestas por pregunta de investigación, en cuanto al tipo de parte a proveer, el nivel productivo, experiencia en la cadena, ecosistema del negocio, manufactura y operación, conocimiento de replicado en otro lugar, origen del material a manufacturar, y las adecuaciones a la infraestructura de la nave industrial. Asimismo, el capítulo analiza las aeropartes requeridas por la industria aeroespacial, las partes de avión que las empresas de autopartes en Querétaro pueden proveer, y el análisis de encadenamiento entre ambos sectores y el análisis de la tasa interna de retorno de la empresa Alaxia.

En el séptimo capítulo se presentan las conclusiones de la investigación, los principales hallazgos encontrados, limitaciones de este proyecto de investigación, se describen las condiciones bajo las cuales el sector de autopartes es capaz de proveer aeropartes al sector aeroespacial, y como limitación se tiene que algunas empresas del sector aeroespacial no permiten llevar a cabo entrevistas y dar información por razones de confidencialidad.

Capítulo 1: Metodología de la investigación

1.1 Planteamiento del problema

La industria aeroespacial y de Autopartes (IAA) representa hoy en día una de las industrias de mayor dinamismo a nivel mundial, en 2012 generó más de 450 mil millones de dólares en ventas (FEMIA - ProAéreo, 2012), y con 32,550 unidades volando (Navigating the future, 2012), se prevé gran crecimiento en ventas para 2020.

Para fin de 2016 Estados Unidos, China, Rusia, Inglaterra y Alemania producirán cerca de 21,000 aviones jet del tipo comercial, se estima que entre y 2014 a 2033 habrá un aumento en la demanda de 36,760 nuevas unidades con un valor de \$5.2 billones de pesos, y más del 30% de estos nuevos aviones (13,000) ya están vendidos. Se observa en la figura 1.1 la demanda de nuevos aviones por región y su valor en dólares, la región de Asia Pacífico es la que contará con un mayor crecimiento seguido por la Unión Europea y Estados Unidos (Boeing, 2014).

Figura 1.1: Demanda de nuevo aviones por región: 2014 - 2033

Región	Nuevos aviones	Valor (mil mill de USD)
Asia Pacífico	13,460	\$2,020
Europa	7,450	\$1,040
Norte América	7,550	\$870
Medio Este	2,950	\$340
América Latina	2,950	\$640
Commonwealth of Independent States (CIS)	1,330	\$150
África	1,080	\$140
Total	36,770	\$5,200

Fuente: Boeing Current Market Outlook 2014

La multinacional Airbus prevé contar con una demanda de 27,000 aviones comerciales para 2030 para satisfacer el incremento pronosticado, de éste número de aviones pronosticados se considera que 26,900 sean de 100 plazas y más de 900 para carga, con un valor de 3.5 billones de dólares (Airbus, 2011).

Derivado de lo anterior, la demanda de personal técnico e ingenieros en aeronáutica tendrá un incremento en los próximos veinte años, como consecuencia del desarrollo e innovación en la IAA y el aumento de la flota de aviones en operación. Las nuevas tecnologías de fabricación y de mantenimiento darán al sector una mayor fiabilidad y tendrán periodos de mantenimiento más largos. Con la combinación del incremento de la flota aérea y el servicio de mantenimiento, reparación y operación (MRO), empresas en mercados emergentes podrán dar este servicio, lo que derivará en el incremento de personal calificado y un mayor número de empresas.

Debido a la venta de aviones nuevos que se suman a la actual flota, se espera que en la región Asia Pacífico se cuente con 224,000 nuevos técnicos especializados, la región de la Unión Europea con 102,000, la región de Norte América con 109,000, la región de América Latina con 44,000 y la región de África con 19,000.

El crecimiento del sector aeroespacial a 2033 requiere la aplicación de nuevas tecnologías de información (TIC) en áreas como simulación y control de aviones (capacitación de pilotos), desarrollo de nuevos materiales que están modificando los procesos de manufactura y por consiguiente permiten tener bajos costos. Los materiales compuestos que se usan actualmente en la industria aeroespacial son: fibra de vidrio, fibra de carbón (material de peso ligero), fibra de boro (alta rigidez de flexión) y aleación de aluminio-titanio (material ligero), la mano de obra calificada con conocimiento de este tipo de material, permitirá que países en vías de desarrollo se integren al sector (Boeing, 2014).

El fortalecimiento del sector aeroespacial representa una oportunidad para impulsar la especialización productiva del país, así como crear una cadena de proveeduría de alto valor agregado que permitirá un desarrollo sostenible a través de la generación de empleos bien remunerados, y de contar con ventajas dentro del panorama de manufactura global como lo es la posición geográfica y numerosos tratados comerciales (Comercio-Exterior, 2016).

Debido a que la industria de autopartes contribuye con el 8% del PIB manufacturero de México, ocupa el sexto lugar en la producción de autopartes en el mundo, en 2020 se alcanzará 100 mil millones de dólares (mmd) en la producción y aumentará la planta de personal calificado en procesos de manufactura, el gobierno de México ha considerado que es un proveedor potencial de partes de avión, por su experiencia en la fabricación de

maquinados especiales con máquinas de control numérico (CNC), mano de obra especializada en maquinaria, materiales especiales y contar con procesos de verificación de piezas con software especializado, permitiendo considerar al sector como proveedor viable en proveeduría aeroespacial en los niveles Tier1, Tier2 y Tier3³

Esta información nos llevó a preguntarnos si efectivamente el sector de autopartes ubicado en México puede aprovechar el crecimiento de la industria aeroespacial y tiene posibilidad de ser parte de la cadena de proveeduría de partes de avión. Además, queremos conocer qué factores se deben de tomar en cuenta para modificar sus estructuras fabriles, qué tipo de personal calificado deben de tener, qué requerimientos de certificación exigen las empresas aeroespaciales terminales, qué estructuras administrativas deben de estructurarse, y qué tipo de tecnología deben de incorporar.

Nuestra hipótesis de trabajo consideró que debido al acelerado crecimiento de la industria automotriz y autopartes en México y al proceso de upgrading industrial sufrido en los últimos años se puede presentar un escalamiento intersectorial del sector de autopartes hacia el sector aeroespacial.

1.2 Preguntas de investigación

¿Puede el sector de autopartes ubicado en México aprovechar el crecimiento de la industria aeroespacial y realizar un escalamiento intersectorial?

1. ¿Qué requisitos tecnológicos necesitan las empresas del sector de autopartes para lograr un escalamiento intersectorial hacia la industria aeroespacial?
2. ¿Cuáles son los requerimientos de inversión para que las empresas del sector de autopartes logren un escalamiento intersectorial?

³ La estructura de proveeduría se organiza en tres tipos: • Tier 1: Proveedores directos de las empresas armadoras, las principales partes que elaboran son partes de motor, sistemas de dirección y suspensión, sistemas de aire acondicionado, componentes electrónicos, este nivel diseña e integra componentes, subensambles y sistemas en módulos; • Tier 2: Comprende empresas que proveen a las Tier1, proveyendo equipos y productos, diseña sistemas estandarizados que pueden ser utilizados en diferentes plataformas, provee directamente o indirectamente a la ensambladora, principalmente partes forjadas, estampados, de inyección de aluminio, partes fundidas, partes plásticas, partes maquinadas. • Tier 3: Empresas proveedoras de insumos de los Tier2 que cumplen con los requerimientos de calidad necesaria que demanda la industria terminal (Álvarez, 2002).

3. ¿Cuáles son los conocimientos necesarios para que los trabajadores del sector de autopartes puedan desempeñar procesos en la industria aeroespacial?
4. ¿Qué certificaciones tienen que obtener las empresas del sector de autopartes para lograr un escalamiento intersectorial hacia la industria aeroespacial?

1.3 Objetivo general

Analizar las condiciones bajo las cuales el sector de autopartes puede llegar a ser proveedor del sector aeroespacial, incluyendo la utilización de sus capacidades tecnológicas, los estándares internacionales de certificación, la mano de obra especializada y las condiciones de inversión consideradas por la empresa.

1.4 Objetivos específicos

1. Detectar qué requisitos tecnológicos necesitan las empresas del sector de autopartes para lograr un escalamiento intersectorial hacia la industria aeroespacial.
2. Detectar los requerimientos de inversión para que las empresas del sector de autopartes logren un escalamiento intersectorial.
3. Definir los conocimientos necesarios para que los trabajadores del sector de autopartes puedan desempeñar procesos en la industria aeroespacial.
4. Analizar las certificaciones que tienen que obtener las empresas del sector de autopartes para lograr un escalamiento intersectorial hacia la industria aeroespacial.

1.5 Metodología de la investigación

La metodología que sigue la presente investigación se basa en los métodos desarrollados por Michael Quinn Patton y Robert K. Yin, ambas metodologías se utilizan en estudios de caso del tipo cualitativo, exploratorio y descriptivo, ambos se utilizan en esta investigación. Los dos métodos permiten el diseño del modelo de entrevista, que debe de dar respuesta a las preguntas de investigación, estos métodos indican que en el desarrollo de la investigación se requiere de una estructura lógica, de diseño y aplicación del formato de la entrevista de manera estructurada, y analizar la información en manera estructurada. Patton desarrolla su metodología basándose en el conocimiento que tiene el investigador, su

capacidad ética, y la forma de análisis, en cambio Yin se basa en llevar a cabo la investigación en cinco componentes, las preguntas de investigación, las proposiciones, el análisis, la lógica que vincula los datos con las proposiciones y los criterios de interpretación.

Patton (2002), *Qualitative Research and Evaluation Methods*, desarrolló la metodología para la investigación y evaluación cualitativa, en la que establece los conceptos de la investigación cualitativa, su naturaleza, las estrategias de investigación y aplicaciones. Asimismo, establece las estrategias, los métodos de observación, el tipo de entrevista y el análisis de datos de campo. Considera apropiada la investigación cualitativa en situaciones particulares en donde se requiere que el estudio sea profundo y a detalle. La valiosa información que se obtiene de las empresas con este procedimiento permite investigar por qué algunas han podido superar la problemática de proveeduría al sector aeroespacial.

Patton establece que hay tres tipos de entrevistas, la no-estructurada, la semi-estructurada y la estructurada, en esta investigación se aplica el tipo de entrevista estructurada, porque permite investigar por medio del análisis cualitativo la problemática que tiene el sector de autopartes en la proveeduría aeroespacial. El tipo de entrevista aplicada en esta investigación es la entrevista estructurada, dirigida a expertos de las industrias aeroespacial y de autopartes, y que por medio de la aplicación de un formulario, se obtienen datos sobre la problemática de proveeduría, los principales obstáculos de inversión, el impacto de la mano de obra especializada, la situación del escalamiento tecnológico, la infraestructura industrial, los requerimientos de las empresas ensambladoras y opiniones relacionadas con la proveeduría de partes.

En relación con las estrategias cualitativas Patton indica que se debe de establecer la naturaleza de la investigación, es decir, investigar la situación de proveeduría de partes de avión y determinar cómo interactúan ambos sectores en la cadena de valor, por lo que se hace necesario comprender los requerimientos que se presentan en la proveeduría, así como determinar a las empresas a analizar, las observaciones de campo deben de ser detalladas y que proporcionen los datos cualitativos a analizar que permitirán describir la situación de proveeduría.

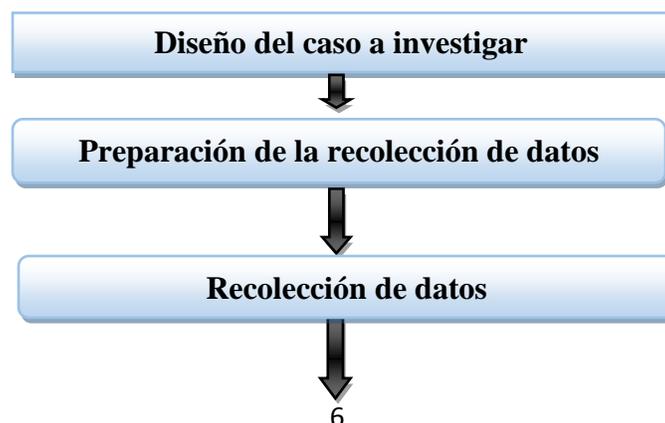
La selección de empresas debe de ser representativa que permita describir la situación, y que tome en cuenta la selección de personas clave a entrevistar, que deben aportar información esencial para analizar, en esta investigación se seleccionan principalmente a directivos o gerentes con amplia experiencia.

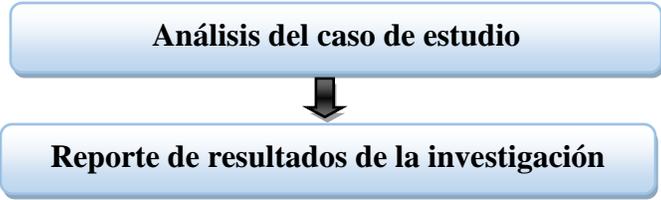
Patton indica que a través de los datos obtenidos es posible realizar un análisis inductivo, con un gran nivel de certidumbre, y son logrados a través de un formulario aplicado. También afirma que el propósito del método es presentar la situación del problema a analizar, sin incluir juicios, con objeto de tener el marco de análisis claro y sin inferencias que pueden implicar especulaciones, en nuestra investigación se tiene el propósito de conocer porque la industria de autopartes tiene problemas para proveer de aeropartes al sector aeroespacial.

La entrevista para empresarios de las industrias aeroespacial y de autopartes, se aplica con preguntas libres y de acuerdo al formato de preguntas, para captar la experiencia del entrevistado, y conocer de manera precisa la problemática de proveeduría.

En el desarrollo de la investigación también se siguió la metodología desarrollada por Robert K. Yin (1994), que permite investigar una situación en forma holística y con resultados comprensibles. Yin indica que en el estudio de caso, la investigación se realiza en el mismo lugar en donde se lleva a cabo, y que se debe de tener un conocimiento previo de lo que se quiere investigar, este conocimiento permite elaborar una encuesta que arroje la comprensión de la problemática, la figura 1.2 muestra en forma esquemática la metodología de Yin.

Figura 1.2: La metodología propuesta por Yin consta de cinco partes:





Fuente: Robert K. Yin, 2013

Yin (2013) manifiesta que el diseño de la investigación tiene que ligar los datos a recolectar con las preguntas iniciales del estudio, indica también que los cinco componentes en un diseño de investigación son:

- Diseño del formato de entrevista
- Propositiones de la investigación
- Unidades de análisis
- Relación lógica entre preguntas y proposiciones
- Criterios para la interpretación de resultados

Preguntas de estudio:

El tipo de preguntas de investigación utilizadas en esta investigación se diseñaron por ecosistema⁴, y generalmente son preguntas de tipo exploratorio. De acuerdo a Yin (1994) este tipo de preguntas permiten obtener datos de una variedad de fuentes cualitativas, es decir, documentos de fuentes especializadas en aeroespacio, entrevistas directas, instalaciones y sistemas productivos de empresas a investigar, que permiten a su vez dar validez a la respuesta de la posibilidad de encadenamiento entre los dos sectores.

Proposiciones del estudio:

Cada proposición dirige su atención a algo que debe ser analizado dentro del alcance de la investigación, es decir, prueba algún fenómeno o acontecimiento, en nuestra investigación se puso especial atención a variables que dieran respuesta a las preguntas de investigación.

⁴ En el sector empresarial el ecosistema consiste en trabajar los puntos de conexión entre empresas de diferentes sectores, pero colaboradoras entre sí, de manera que están entre ellas creando valor en la industria, economía, bienestar, etc. (Levantia, 2012).

Unidades de análisis: la empresa

Nuestro caso de investigación incluye ocho empresas y tres centros de investigación en Querétaro y una en Puebla. De las ocho empresas manufactureras dos son empresas aeroespaciales (ITP-Turborreactores y Safrán Messier-Bugatti-Dowty) y las seis restantes son empresas dedicadas a la fabricación de autopartes (ETU Turborreactores, Axon Interconex, S.A. de C.V., Tecnum, S.A., Industrial TAMTO de Puebla, S.A. de C.V., Alaxia Aerosystems, Rymsa, S.A. de C.V. y Global Composites, S.A.), algunas ya son proveedoras del sector aeroespacial y otras están en camino a integrarse. Querétaro se escogió porque el sector aeroespacial ha crecido en forma exponencial en los últimos 10 años, y cuenta con una industria de autopartes muy desarrollada en tecnología, mano de obra especializada y localización geográfica, en la revisión inicial de la literatura se menciona que existen empresas del sector de autopartes que proveen al sector aeroespacial.

Relación lógica entre preguntas y proposiciones:

De acuerdo a Yin (2006) las preguntas y las proposiciones teóricas sirven de punta de partida para la recolección de datos y su posterior análisis, se generan a partir del marco teórico de la investigación, siguiendo esta metodología se establecieron las siguientes proposiciones:

- Requerimientos tecnológicos para lograr el escalamiento intersectorial hacia el sector aeroespacial.
- Necesidad de inversión en la proveeduría de partes de avión.
- Especialización de la mano de obra.
- La tasa de retorno es atractiva para el sector de autopartes.
- Se cuenta con experiencia para manufacturar partes de avión.
- Se cumple con las tolerancias especificadas por el sector aeroespacial.
- Se cuenta con las normas y certificaciones exigidas por el sector aeroespacial.
- Empresas de autopartes cuentan con la infraestructura que establecen las empresas ensambladoras.

Estas proposiciones tienen una relación lógica con las preguntas contenidas en el cuestionario de campo, el cual fue aplicado a directores y gerentes expertos de los sectores aeroespacial y de autopartes.

Criterios para la interpretación de resultados:

Los resultados obtenidos pueden ser interpretados de varias maneras, en esta investigación se analizarán los datos cualitativos que permitan conocer si las empresas de autopartes son capaces de superar la problemática de ser proveedores de la industria aeroespacial.

Yin presenta en su metodología cuatro tipos de diseño para elaborar un caso de investigación:

- Caso único: Unidad única
- Caso único: múltiples unidades
- Caso múltiple: Unidad única
- Caso múltiple: Múltiples unidades

Para esta investigación se toma en cuenta el caso múltiple con múltiples unidades, en virtud de que se realizará un análisis en las diversas empresas seleccionadas en esta investigación. Las entrevistas se llevaron a cabo con expertos de los sectores de autopartes y aeroespacial, principalmente con directores o gerentes de empresas. En relación al análisis de datos se identificarán los factores de éxito de empresas encadenadas y las acciones que pueden implementar para lograr un escalamiento intersectorial.

Estrategia y metodología de la encuesta

1. Se realizó una revisión de la literatura sobre empresas multinacionales, cadenas de valor global, y estudios sectoriales de la industria aeroespacial. Con esto se pudo identificar el fenómeno bajo estudio como escalamiento intersectorial⁵ tipificado por Gereffi.
2. Debido a que no existen estudios sobre el escalamiento intersectorial entre la industria de autopartes y aeroespacial en México decidimos realizar una **investigación cualitativa** en dos tiempos:
 - a) Inicialmente detectamos expertos en el sector asistiendo a la primera feria aeroespacial de México que fue realizada en el campo militar Santa Lucia, en abril

⁵ Cuando el proveedor se encuentra en la cadena de valor sector aeroespacial de manera casi vertical, está sujeto al control de la empresa ensambladora, esto se debe a la exigencia de cumplimiento de normas y especificaciones para cumplir en forma satisfactoria con la proveeduría, por lo que los proveedores están transitando su capacidad baja a una alta (escalamiento), Gereffi indica que esto lleva a reconfigurar a la cadena cautiva a una relacional, accediendo a ascensos por nivel de producto dentro del propio sector o en la superación intrasectorial, con objeto de superar actividades de trabajo intensivas por actividades intensivas en capital, lo cual se definiría como escalamiento intersectorial

de 2015. Mediante la técnica de bola de nieve, que consiste en detectar a un experto y pedir su opinión sobre otras personas consideradas como expertos en la industria, se entrevistaron a las siguientes personas: al director de una empresa paraestatal, al director de vinculación de una universidad dedicada a preparar recursos humanos para el sector aeroespacial y al director del Centro de Alta Tecnología de la Facultad de Ingeniería de la UNAM campus Querétaro.

b) Posteriormente se visitaron ocho empresas para conocer su opinión sobre las posibilidades de tener un **escalamiento intersectorial**: dos empresas en el sector aeroespacial y seis de autopartes que fueron recomendados por el director de una de las empresas del sector aeroespacial. Únicamente una de las empresas había tenido la experiencia de ser proveedora en las dos cadenas: autopartes y aeropartes por lo que utilizamos la metodología de estudio de caso.

Considerando la información lograda en la revisión de la literatura y con los expertos se diseñó un formato estructurado para la entrevista con empresas seleccionadas en ambos sectores. En el formato se consideraron las siguientes dimensiones:

- Ubicación de la empresa en la cadena productiva
- Producto manufacturado
- Experiencia que tiene en la cadena productiva
- La existencia de mano de obra calificada y tipo
- La inversión realizada, acceso a fondos de fomento
- Tiempo estimado de retorno de la inversión (TIR)
- Retos en proveeduría y
- Tecnología:
 - Retos en la adaptación en procesos
 - Retos en escalamiento tecnológico
 - Retos en cumplimiento de tolerancias
 - En valor del volumen de producción de aeropartes con respecto al valor de lo producido en autopartes
- Certificaciones:
 - Cumplimiento de normas y certificaciones

- Dificultades en la obtención de certificaciones
- Localización de la empresa con respecto al centro de consumo
- Conocimiento sobre otras empresas con el mismo tipo de proveeduría (replicado), contribución de la parte al peso del avión (disminución de peso)
- Conocer si el material es nacional o importado
- Adecuación se tuvieron en la infraestructura de la nave industrial

Se aplicó un formato de entrevista diseñado por segmentos específicos, que permitió conocer y analizar los problemas que se presentan en el encadenamiento productivo. En lo referente a la segmentación se tomó en cuenta la ubicación de la empresa en la cadena de valor, experiencia, manufactura y operación, conocimiento de que en otros países empresas de autopartes estén suministrando aeropartes (replicado), valores a considerar en la industria aeroespacial y la adecuación o construcción de la infraestructura de la nave industrial que solicitan la empresas ensambladoras para poder otorgar pedidos.

La aplicación de la encuesta consideró a empresas aeroespaciales y de autopartes, para estas últimas se contemplaron a empresas proveedoras partes avión, y a otras que se encuentran con posibilidades de integrarse a la cadena de proveeduría aeroespacial en Querétaro, fue llenada durante una entrevista en forma personal con los expertos de la industria aeroespacial y de autopartes, principalmente con directores y/o responsables de la empresa.

Implicaciones al utilizar el método de estudio de caso:

En esta investigación se consideran las siguientes implicaciones al utilizar el método de estudio de caso:

- Claridad en los objetivos de la investigación ante los empresarios de los sectores involucrados.
- Diseñar el formato de manera estructurada.
- El tamaño de la muestra está en función del número de empresas aeroespaciales y de autopartes que permitan se lleve a cabo la entrevista.
- Relacionar las teorías inscritas en el marco teórico y la realidad del encadenamiento entre ambos sectores.

- Detectar las partes de avión que se pueden proveer y sean factibles de manufacturar por el sector de autopartes.
- Descubrir, interpretar y comprender la perspectiva que externen las empresas entrevistadas.
- Determinar las causas por qué algunas empresas de autopartes han podido superar la problemática de proveeduría al sector aeroespacial.
- Determinar que empresas de ambos sectores se tienen que entrevistar.
- Tener un marco de análisis claro.
- Presentar resultados que den explicación a las preguntas de investigación.
- Contar con más de dos sectores a investigar.
- Describir cómo y que se encontró en la investigación.

Capítulo 2: Marco Teórico

El enfoque teórico de esta investigación se centra en el conocimiento sobre el encadenamiento productivo de los sectores de autopartes y aeroespacial en Querétaro, en empresas multinacionales, cadenas de valor y escalamiento industrial en el sector aeroespacial, se analizaron investigaciones de Carrillo y Gomís, Eichner, Alfred Marshall y Chandler y Redlich en lo referente a EMN, en cuanto a cadenas de valor y escalamiento intersectorial a Kaplinsky y Morris, Porter, Gereffi, Humphrey y Sturgeon, Hubert y Humphrey, Kaplinsky y Readman, Gereffi y Fernández-Stark y Abonyi. En cadenas de valor de la industria aeroespacial a A. T. Kearney, Casalet y Aerospace Global, y en el análisis de la cadena de valor de la industria de autopartes a Casalet, Hualde y Carrillo, Santiago López.

2.1 Multinacionales y grandes empresas

La empresa puede ser definida como un conjunto de recursos productivos, materiales y humanos, que se organizan de tal manera con el fin de alcanzar un objetivo. Penrose (1956) observó que la empresa moderna busca expandirse a la más alta tasa posible y para conseguir tal fin, la empresa es capaz de organizar sus recursos para producir bienes y/o servicios. Dentro del conjunto de decisiones que la empresa toma, se incluye el saber cuánto invertir y en dónde es conveniente hacerlo con el fin de llegar a su internacionalización.

En 2013 el mundo contó con 82,000 empresas multinacionales (MNC), quienes controlaban 810,000 empresas afiliadas, manejando cerca de la tercera parte del comercio mundial total, y emplearon cerca de 80 millones de trabajadores fuera de las empresas matrices. Asimismo, se considera a este tipo de empresas como promotoras de integración de operaciones en países en donde se localizan, y promueven una diferenciación entre los mismos. La característica principal de este tipo de empresas es la jerarquía que tienen sobre sus filiales, tomando en cuenta las políticas de las naciones receptoras (Edwards - Marginson - Ferner, 2013).

De acuerdo a Carrillo y Gomís (2009) se tienen tres tipos de multinacionales que impactan en la economía del país en donde se establecen, una de ellas es la multinacional

como subsidiaria, cuya característica es ser una forma de réplica de la MNC del país de origen, otra es la filial exportadora que es como un modelo de maquila y la última considerada como empresa global cuya característica es además de ser empresa internacional, tiene funciones de alto valor agregado como la investigación y desarrollo (I+D) y servicios post-venta. Las MNC tienen diferentes razones para realizar su inversión en el extranjero, *buscan Recursos Naturales, penetrar nuevos mercados, lograr ser más eficientes e invertir en activos estratégicos o activos tecnológicos y aprovechar las ventajas de costos* (Carrillo - Gomis, 2009).

El sector aeroespacial tiene una estructura oligopólica, que hace que las empresas pequeñas y medianas se subordinen a sus decisiones. Eichner (1988) explica que para expandirse las empresas proveedoras necesitan retener su participación del mercado en la industria a la cual pertenecen y penetrar dentro de una industria más nueva y de mayor crecimiento, mientras se retira de aquella en la cual el crecimiento de las ventas es insuficiente o el margen de ganancia ha caído por debajo de la tasa de retorno objetivo. *Esta podría ser una razón para que las empresas del sector de autopartes tomen como alternativa de expansión el encadenarse al sector aeroespacial y aprovechar las capacidades tecnológicas.*

En el largo plazo la multinacional buscará una mayor capacidad para hacer frente al crecimiento de las ventas de la industria a través de la creación de más plantas fabriles. Las nuevas plantas incorporarán mayor tecnología, reduciendo la proporción producto-trabajo dentro de esa industria, siempre y cuando el costo del trabajo sea relativamente creciente con respecto a otros inputs, pero si no es posible o conveniente entonces busca una nueva localización en donde el precio de los insumos sea menor.

La empresa busca crecer por lo menos al ritmo de la competencia ya que si no lo hace correrá el riesgo de ser absorbida o eliminada. Así, ésta busca crear capacidades internas que le den ciertas ventajas, o aprovechar los beneficios que puede obtener del entorno. Alfred Marshall (2011), distinguió entre dos clases de economías “Entre las economías internas consideró las ganancias de eficiencia derivadas de nuevas formas de organización de la empresa vía incrementar la división del trabajo, incorporar nuevas máquinas, ahorrar materiales o mejorar la eficacia en la dirección. Las economías externas serían las obtenidas gracias a la concentración de negocios de carácter similar en

localidades particulares. En otras palabras, por economías externas entendería las mejoras de eficiencia derivadas de una concentración localizada de la industria” (Marshall - Miranda - Muñoz, 2011). *Es por esto que empresas del sector de autopartes muestran aglomeraciones o corredores que van desde México hasta el sur de Canadá. Generalmente estos corredores van marcados por las vías del tren o de las supercarreteras para asegurar el funcionamiento adecuado de las cadenas de suministro. Éstos corredores especializados son utilizados para entregar partes de avión que son demandadas por empresas multinacionales aeroespaciales establecidas en Estados Unidos y a Canadá, y que son producidas por el sector de autopartes.*

Las multinacionales han organizado el proceso productivo de manera tal, que les permite conseguir ventajas, que a su vez le permiten mantener su crecimiento acelerado. El proceso productivo ha sido dividido para lograr la especialización y economías de escala y adaptarse a los cambios de la demanda. Esta división del proceso productivo en diferentes partes del mundo ha creado cadenas productivas globales, razón por la cual revisamos éste marco teórico.

Respecto a la estructura organizacional de las multinacionales, Chandler y Redlich (1961) encontraron tres niveles de trabajo en la toma de decisiones y tres niveles de políticas, al nivel tres lo consideran el más bajo y lo definen como la administración de las operaciones diarias de las empresas, el nivel dos es el responsable de la coordinación de los gerentes que actúan en el nivel tres, y el nivel uno corresponde a la administración superior, que fija los objetivos y la planificación de la empresa, es aquí donde se crean las estrategias y marcos de los niveles más bajos (Economía E. d., 2009).

2.2 Cadenas de valor y escalamiento intersectorial

El análisis sobre cadenas de valor se ha realizado profundamente por autores como Gereffi, (2001), Kaplinsky y Morris (2009) y Porter (2000), cuyos conceptos sobre el eslabonamiento de las cadenas de valor de los sectores aeroespacial y autopartes permiten conocer la posibilidad de llevar a cabo un escalamiento industrial.

Gereffi (2011) analiza las cadenas productivas con enfoque en el tema de Desarrollo Económico Local (DEL), y busca comprender cómo es que las empresas micro, pequeñas y

medianas (PYMES) tienen posibilidad de insertarse en la cadena de valor, y cómo pueden lograr su escalamiento en el sector productivo (upgrading económico)⁶. Mediante el análisis de cadenas productivas es posible tener una mejor comprensión de los temas de desarrollo económico local, es decir, cómo es que los pequeños empresarios pueden insertarse en la cadena de valor y cómo lograr el escalamiento industrial (Gereffi, 2011).

La importancia de la metodología que propone Gereffi (2011) sobre las cadenas de valor productivas para el DEL, radica en conocer la mejora de procesos en el desarrollo económico de un país, poder dimensionar los recursos clave para el desarrollo económico mediante el análisis de la estructura de las cadenas de valor productivas.

La definición que establece Gereffi sobre la cadena de valor, describe toda la serie de actividades que trabajadores y empresas efectúan para crear un producto desde su concepción hasta su uso y post-consumo, lo cual lleva a considerar actividades que pueden estar concentradas en una empresa o divididas en múltiples firmas del sector aeroespacial y de autopartes por ejemplo:

- Producción y capacidades del sector de autopartes para manufacturar partes de avión.
- Tipo de aeronave y su cadena productiva.
- Eslabonamiento de cadenas específicas.

En la economía actual las cadenas productivas están fragmentadas y sus actividades son realizadas por diferentes firmas en diferentes lugares, ya sea en el mismo país o en otras naciones. El marco analítico de las cadenas productivas explica cómo es que los consumidores, están interconectados en una misma industria ya sea a nivel local o global, y permite identificar el nivel de desarrollo de un país en un determinado sector productivo explicando cuáles son sus posibilidades de escalamiento industrial.

En el caso de eslabonamiento de cadenas productivas en el sector aeroespacial, este marco analítico permite analizar si las empresas son capaces de escalar a tecnologías de punta (necesarias para producir aeropartes), y que al contar con esta puede ser posible que puedan lograr la certificación, en virtud de que es un requisito que imponen las regulaciones internacionales para la manufactura de partes de avión.

⁶ El escalamiento (upgrading) económico se define como el proceso a través del cual unidades económicas entran y/o se mueven a actividades de mayor valor agregado en la cadena productiva y mejoran así su situación.

Gereffi (2011) incluye el análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) en aquellos eslabones a encadenarse, a través de un análisis que defina la estrategia que se deberá seguir en el logro de integración de ambos sectores, al aplicar el análisis FODA se determinan las estrategias de potencialidades, de desafío, de riesgos y de las limitaciones por medio de:

- Aprovechar las oportunidades y las fortalezas (potencialidades) del sector autopartes para desarrollar la cadena de valor aeroespacial.
- Superar las debilidades aprovechando las oportunidades (desafíos) de proveeduría para el sector aeroespacial.
- Enfrentar las amenazas aprovechando las fortalezas (riesgos) para escalar a nuevas tecnologías de proceso y eslabonarse al sector aeroespacial.
- Neutralizar las amenazas y superar las debilidades (limitaciones) que se tienen al no participar en el eslabonamiento entre las dos cadenas de valor.

En cuanto a infraestructura propone investigar la situación geográfica, los diferentes tipos de transportación de carga y pasajeros, comunicaciones, sector educativo y social; así como determinar las deficiencias en la infraestructura de la región.

El desarrollo del análisis de las cadenas de globales de valor se realiza en tres partes, la *primera* es analizar a la empresa en su posición a nivel global y local, la *segunda* es el análisis en que se mueve localmente la cadena productiva y *tercero* se enfoca en el escalamiento tanto tecnológico como de mano de obra (hacia donde avanza el sector productivo).

Además, mediante la identificación del liderazgo y situación de la empresa en la cadena de valor, se determina el tipo de gobernanza que puede ser de cinco tipos (Gereffi, Humphrey y Sturgeon, 2005):

- **Mercado:** Transacciones directas entre vendedores y productores, poca cooperación formal entre las partes.
- **Modular:** Los productores fabrican productos de acuerdo con las especificaciones de los compradores.
- **Relacional:** Existe una toma de decisiones equitativa entre los actores que confrontan interacciones complejas, existe una dependencia mutua.

- Cautiva: Relaciones entre empresas jurídicamente independientes donde una está subordinada a la otra, y donde un líder en la cadena determina las reglas que el resto de los actores debe cumplir.
- Jerárquica: Empresa verticalmente integrada que controla varias actividades de la cadena. Cuando una empresa es propiedad de otra empresa externa.

El análisis de la cadena de valor dentro del contexto institucional establece identificar a los actores que participan en la cadena, como lo es el sector privado (empresas, asociaciones empresariales, sindicatos), el sector público, agencias de desarrollo, gobierno estatal y nacional y el sector educación y capacitación, centros de investigación y desarrollo.

En el escalamiento industrial (upgrading) se toma en cuenta el escalamiento económico, el cual se refiere al proceso en el que las unidades económicas entran y/o se mueven a actividades de mayor valor agregado en la cadena productiva y que permiten mejorar su situación, produciendo un escalamiento económico en el que una serie de empresas adquieren nuevas funciones, es decir, las empresas se mueven de simplemente producir materia prima a producir un producto procesado.

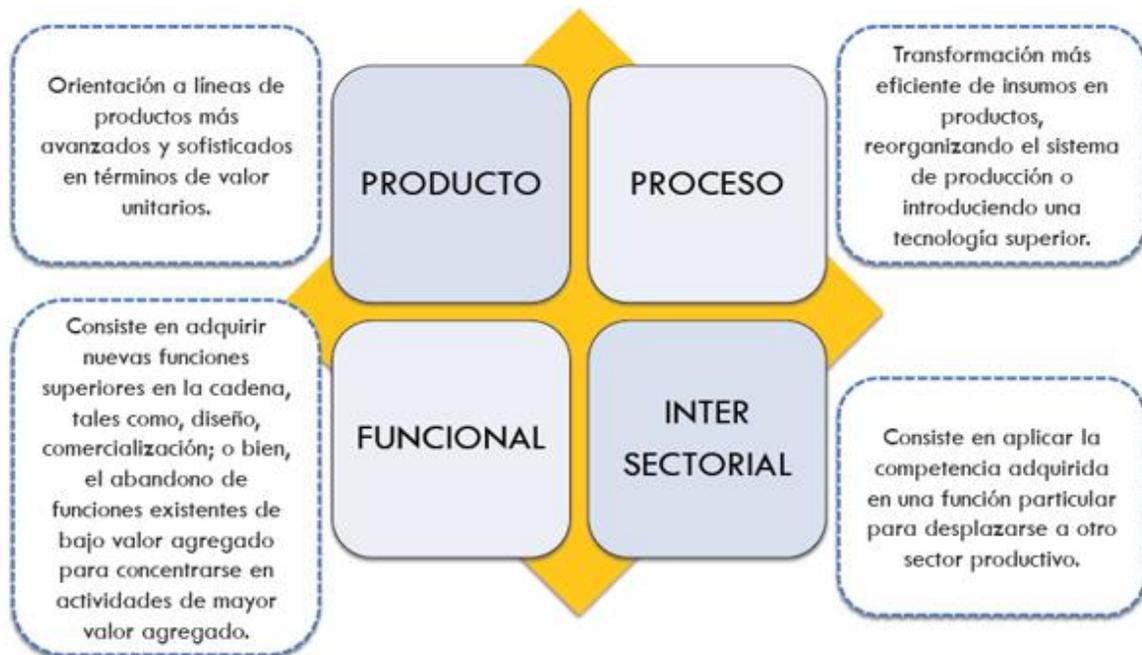
Hubert y Humprey (2002) distinguen las siguientes formas de escalamiento económico:

- El *escalamiento funcional*, consiste en la adquisición de nuevas funciones en el nivel superior de la cadena, tales como, diseño, comercialización; o bien, el abandono de funciones existentes de bajo valor agregado para concentrarse en actividades de mayor valor agregado (moverse de un segmento de la cadena a otro de mayor valor agregado).
- El *escalamiento de proceso*, se refiere a la transformación más eficiente de insumos en productos, reorganizando el sistema de producción o introduciendo tecnología superior (puede suceder en un mismo segmento de la cadena).
- El *escalamiento social* indica el proceso de mejorar los derechos de los trabajadores como actores sociales y calidad de empleo.
- El *escalamiento medio ambiental* mejora el desempeño del medio ambiente a través de los cambios en las tecnologías de producto y proceso, sistemas de gestión, tratamiento de desechos y emisiones, entre algunos.

- Los *escalamientos económicos* sobre el producto y el proceso en los que se tienen dos tipos económicos relevantes para conocer la competitividad de la industria, y que se refieren a agregar valor dentro de un mismo segmento de la cadena.

En la figura 2.1 se muestran los tipos de escalamiento económico: el producto, el proceso, el funcional y el intersectorial, cada uno con funciones específicas que permiten su aplicación (Gereffi, 2011).

Figura 2.1 Tipos de escalamiento económico



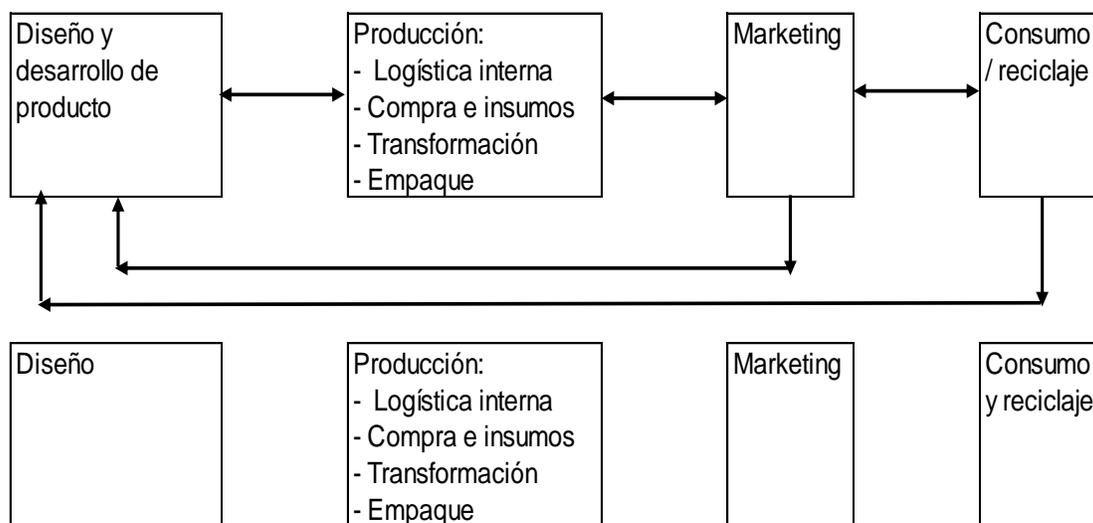
Fuente: Humphrey, John and Hubert Schmitz, (2002)

Gereffi demostró que muchas cadenas se caracterizan por una parte dominante (o a veces partes) que determinan el carácter total de la cadena, y cómo esta parte se vuelve responsable de las actividades de mejora en escalamiento (upgrading) dentro de los eslabones individuales y en la interacción coordinada entre los eslabones. En este rol de “Poder y Control” se tienen dos distinciones: la primera es cuando el control proviene de los compradores (cadena de bienes conducida por compradores) y la segunda es cuando los productores son los que ejercen el poder (cadena de bienes conducida por productores) (Gereffi, 2011).

Por otro lado, el fenómeno de escalamiento intersectorial descrito por Gereffi (2005) se presenta en cadenas de tipo modular⁷ donde la integración tiende a ser vertical, la empresa busca ubicarse en aquellos eslabones de mayor generación de valor y de mayor ganancia, como es la especificidad de los activos; el proveedor deberá concentrarse en incrementar su capacidad tecnológica y el aprendizaje para revalorar el nodo donde se encuentra, ubicándose en niveles altos de especialización, puede pasar de producción manufacturera a la producción de bienes de alto valor como es el diseño y el software. El escalamiento intersectorial también se presenta como una empresa de tipo cautivo (coordinación de la red vertical) pretende transitar a una de tipo relacional, lo que lleva a la empresa a pasar de actividades intensivas en trabajo a actividades intensivas en capital, por lo que se puede pasar del sector transformación al sector servicios.

Por su parte Kaplinsky indica que se tienen dos tipos de cadenas de valor, la *primera* es la cadena de valor simple que de manera conceptual incluye cuatro eslabones (Kaplinsky - Morris, 2009): diseño, producción, marketing y consumo (figura 2.2).

Figura 2.2. Cadena de valor simple:



Fuente: - Un manual para investigación de Cadenas de Valor, Rafael Kaplinsky y Mike Morris, IDRC, abril de 2009.

⁷ Las cadenas de tipo modular se caracterizan por un nivel alto de codificación de las capacidades, los proveedores fabrican productos conforme a los requisitos de un cliente y asumen toda responsabilidad de la tecnología del proceso (United States Agency – International Development).

La *segunda* cadena es la cadena de valor extendida que se enfoca a la realidad industrial e incluye infinidad de eslabones en la cadena, como por ejemplo la cadena de valor de la silvicultura, que describe en su conjunto a la mayor parte de actividades de eslabones, desde el inicio del proceso con la semilla, después la tierra, el agua, los fertilizantes, la maquinaria, posteriormente la cadena continua con el aserradero, la fábrica de muebles, los compradores, los consumidores y por último el reciclaje.

(Kaplinsky y Morris, 2009) ha propuesto el análisis de las cadenas de valor como herramienta para investigar los cambios de la distribución de las ganancias generadas en el proceso de la globalización, define a la cadena de valor como un conjunto de procesos interrelacionados para la fabricación de un producto o servicio, indica que en cada una de las etapas del proceso industrial se va generando valor para finalmente ser entregado al cliente – quien le da el valor final –.

Debido a la creciente necesidad de contar con procesos más eficientes, se deben conectar procesos especializados de cada uno en su ramo (especialidad sistemática). Esto asegura el éxito de la cadena y a su vez refuerza el conocimiento (know how) en cada eslabón de la cadena. La especialización sistemática surgió en Japón y se basa en tres pilares, el justo a tiempo (Just In Time), la administración total de la calidad (Total Quality Management) y la mejora continua (Kaizen). Las estrategias etnográficas entre productores y compradores juegan un papel importante para reducir el tiempo de espera de un proceso, por ejemplo un producto cuyo mercado principal es Europa su cadena de valor debe contemplar proveeduría en este continente, aunque no es una regla ayuda a reducir los costos de logística.

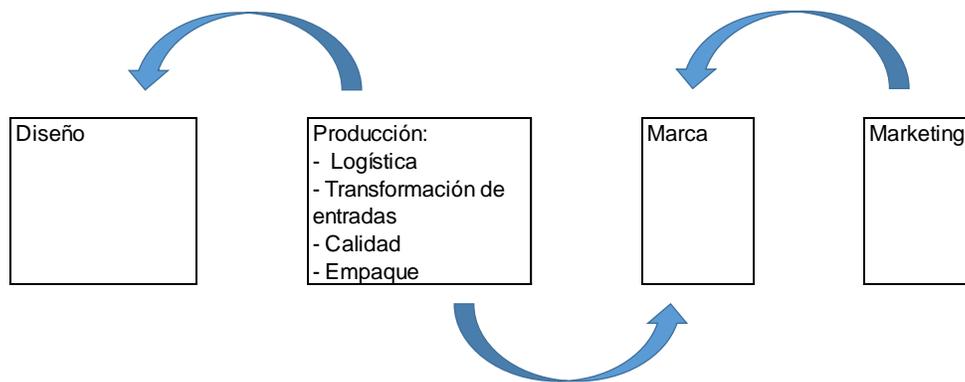
Kaplinsky indica que en la innovación y en las mejoras en las cadenas de valor, se requiere analizar las capacidades de las empresas con objeto de determinar actividades que proveen valor a clientes finales e indica que para participar en los mercados se tienen que seguir cuatro trayectorias en la mejora de operaciones:

- 1.- *Mejora de proceso*: Incrementar la eficiencia y calidad de los procesos.
- 2.- *Mejora de producto*: Integrar nuevos productos y en forma más rápida que la competencia.
- 3.- *Mejora funcional*: Formando un equipo multidisciplinario dentro de la organización

4.- Mejora de cadena: Cambio a otra cadena (giros compatibles en las empresas)

La trayectoria en la mejora de la cadena de valor señala la posibilidad de aplicar una mejora en operaciones de productos provenientes del sector ofertante (sector autopartes) con el fin de poder de eslabonarse en la cadena del sector demandante (sector aeroespacial), (figura 2.3).

Figura 2.3: Mejora funcional en la cadena de valor:



Fuente: - Un manual para investigación de Cadenas de Valor, Rafael Kaplinsky y Mike Morris, IDRC, abril de 2009.

El análisis de cadenas de valor sugiere que por medio del mapeo de las actividades, se facilita la capacidad de descomposición de la rentabilidad de toda la cadena de valor en los beneficios alcanzados en los diferentes eslabones. Al descomponer la rentabilidad se facilita conocer las características de procesos y de productos en las cadenas de valor de ambos sectores (Kaplinski - Morris, 2009).

Por su parte, Porter (1985) distinguió que los elementos importantes de la cadena de valor se enfocan en actividades internas, que son las ejecutadas en eslabones particulares, y en aquellas en donde se distinguen las distintas etapas en el proceso de suministro, logística de entrada, operaciones, logística de salidas, marketing y ventas y servicios de postventa, *la transformación de entradas en salidas* (producción, logística y procesos de mejora continua), y *los servicios de apoyo de la empresa* (planificación estratégica, dirección de recursos humanos, suministros y desarrollo tecnológico).

La cadena de valor global presenta dos tendencias de fragmentación que determinan un cambio en el papel de las empresas multinacionales en el entorno económico mundial, una se presenta el recorte de su actividad como productores globales, y la otra como

compradores y coordinadores globales, tanto en el área geográfica espacial⁸ como en el área funcional⁹ (Kaplinsky y Readman, 2001).

La metodología CVG es una herramienta útil para seguir las fluctuaciones que presentan los patrones cambiantes de la producción mundial que explica la fragmentación de la producción, y se centra en las secuencias de la cadena de valor dentro de una industria, desde la concepción, la producción y el uso final para el consumidor, también examina los procesos, tecnologías, normas, reglamentaciones, productos y mercados en sectores y lugares específicos (Gereffi y Fernández-Stark, 2011).

Es importante indicar que el escalamiento industrial (upgrading) se centra en los procesos, productos, actividades funcionales y propiamente la cadena o mejoramiento intersectorial, y que las EMN toman en cuenta para ubicar nuevas industrias (Gereffi G., 1999).

Las Pymes en países en desarrollo pueden participar en las CVG directamente como proveedores de primer nivel para grandes corporaciones o como proveedores de segundo y posteriores niveles. Esta manera de participar en la proveeduría es un fenómeno de los sistemas productivos que se conoce como fragmentación productiva.

En relación al ámbito geográfico, la globalización de las industrias ha sido posible debido a la mejora en el transporte y la infraestructura de telecomunicaciones, e impulsada por la demanda de los insumos más competitivos en cada segmento de la cadena de valor, además se considera que actualmente las cadenas de suministro están globalmente dispersas y con diferentes actividades que se llevan a cabo en diferentes partes del mundo. En la economía mundial, los países están participando en las industrias mediante el aprovechamiento de sus ventajas competitivas en tecnología de producción y equipo. (Gereffi y Fernández-Stark, 2011).

El alcance de las cadenas de valor mundiales se ha ampliado conforme ha avanzado la mundialización, las cuales han transformado la producción, el comercio y las inversiones, contribuyendo a aumentar el volumen de la producción y mejorar la producción con alta tecnología (Abonyi, 2007).

⁸ Por espacial, los procesos de producción se escinden en diversas fases o bloques de funciones que se desarrollan de manera separada en diferentes localizaciones de la geografía mundial.

⁹ Por funcional, las grandes compañías están externalizando frecuentemente determinadas actividades o procesos hacia las pymes especializadas.

El éxito de cualquier organización dentro de la industria aeroespacial depende del rendimiento productivo y de las capacidades de otros proveedores, como siempre sucede el eslabón más débil puede destruir la cadena de valor. De acuerdo con el análisis de las cadenas de valor que propone Kaplinsky (2009) estas tienen que ser analizadas tomando en cuenta dos enfoques, uno de ellos es el tipo de cadena del comprador y el otro el tipo de cadena de valor del productor. En esta investigación se toma en cuenta el enfoque del productor cuyas características son: contar con innovación, mayor flexibilidad en la incorporación de tecnologías de punta en la industria aeroespacial, la comercialización de bajo volumen pero de mayor valor económico.

Las principales tendencias que se toman en cuenta en el eslabonamiento de las cadenas de valor en la manufactura aeroespacial son (Secretaría de Economía - FUMEC, 2010):

Integración: Las grandes empresas ensambladoras buscan proveedores altamente especializados; el sector de autopartes seguirá siendo altamente regulado, con bajos volúmenes y altos costos de producción.

Presión en costos: Las grandes OEMs y Tier 1 buscan mejorar su estructura de costos de operación, movilizándose hacia nuevas regiones de producción y buscando nuevos socios comerciales.

Diseño: Se busca reducir los tiempos de producción mediante un diseño más amigable a la manufactura y modularización de componentes.

Nuevos materiales: Mayor utilización de materiales compuestos, ya que estos son más ligeros, fáciles para modelar, son resistentes y necesitan menor grado de mantenimiento.

Eficiencia aeronáutica: Se privilegiarán tecnologías que representen menor consumo de combustible, menor grado de mantenimiento, mayor control computarizado de vuelo y finalmente las que ofrezcan mayor autonomía de vuelo.

Desarrollo sostenible: Emisión de menores volúmenes de contaminación y menor generación de ruido.

2.3 Cadena de valor de la industria aeroespacial

La colaboración y la integración entre los fabricantes y proveedores del sector aeroespacial, tiende a crear una estructura con productos más fortalecidos, más cooperativa y productiva, tanto virtual como global.

La cadena de valor de la industria aeroespacial de 2010 a 2015 ha tendido a subcontratar actividades no estratégicas que se llevaban a nivel interno en forma vertical, dejando el control administrativo a empresas líderes sobre sus proveedores sin dominio directo, exigiendo que estas cumplan con las normas y certificaciones requeridas para productos aeroespaciales.

La estructura de proveeduría aeroespacial que el sector adopta es del tipo modular, en donde los niveles de proveeduría proveen partes de avión conforme a los requisitos del cliente y asumen la responsabilidad de la tecnología en los procesos, al haber escalado a máquinas genéricas CNC, con mano de obra altamente capacitada certificaciones e inversiones realizadas en transacciones específicas.

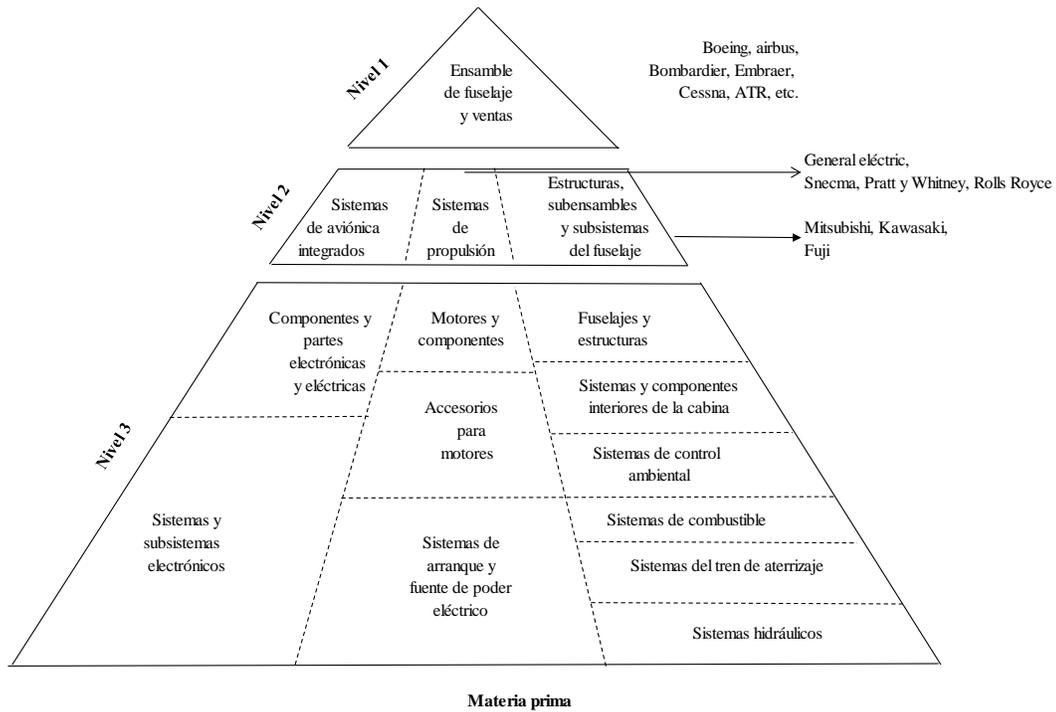
La figura 2.4 muestra en forma piramidal la vocación de los proveedores en los tres niveles de proveeduría¹⁰, en el nivel 3 se tiene a los proveedores de sistemas y subsistemas electrónicos, sistemas de arranque y fuentes de poder eléctricos, sistemas hidráulicos, sistemas de tren de aterrizaje, sistemas de combustible, sistemas de control ambiental, sistemas de componentes de interiores, accesorios para motor, fuselajes y estructuras y motores y componentes.

En el nivel 2 se encuentran proveedores de sistemas de aviónica integrados, sistemas de propulsión y las estructuras, subensambles y subsistemas de fuselaje. En este nivel se encuentran clientes como Mitsubishi, Kawasaki y Fuji, entre algunas.

En el nivel 1 se encuentran las empresas ensambladoras de fuselaje y venta de aviones, como Boeing, Airbus, Bombardier, Cessna, ATR, etc.

¹⁰ Fuente: US International Trade Commission (2001)

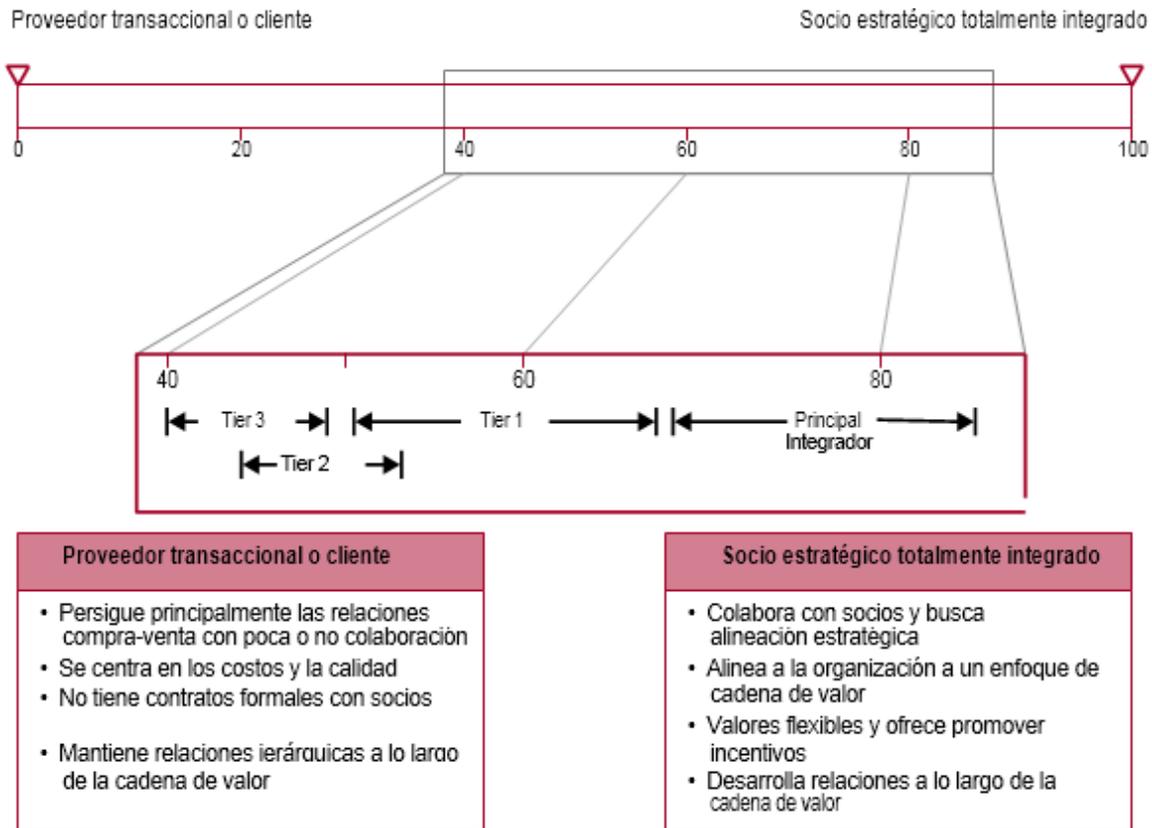
Figura 2.4: Cadena de valor de la industria aeroespacial



Las empresas de Tier 1 y Tier 2 son vistas como un continuo de proveeduría transaccional o cliente a un socio totalmente integrado, como se muestra en la figura 2.5, evaluando a las asociaciones de las cadenas de valor en el sector aeroespacial y de defensa¹¹ (A. T. Kearney, 2008):

¹¹ Las empresas se evaluaron en una escala de 0 a 100 para calcular el grado de integración en el chain Source valor: AT Kearney.

Figura 2.5: La cadena de valor aeroespacial y de defensa



Fuente: A. T. Kearny, 2008

La anterior figura indica que las principales empresas integradas, son aquellas más lejanas a lo largo de la cadena de valor, tienen socios en varios pasos de la cadena. Los proveedores tier1 tienen socios en muchos pasos de la misma cadena de valor. Los proveedores tier2 y tier3 son aquellos que no tienen planes para asociarse en muchos pasos de la cadena de valor y tienden a servir a los tier que están más abajo que ellos. A este respecto la empresa consultora AT Kearney indica que es una anomalía que presentan algunas empresas, al considerar a su negocio como empresas participantes independientes en el proceso de la red de proveeduría. Asimismo, establece que las empresas que se mueven hacia arriba tienen una percepción corta para enfocarse en cumplir órdenes que vienen de los Tier que están debajo de ellas, más que entender su papel de coordinarse con los Tier de arriba y los Tier de abajo. Esta anomalía es una potente amenaza para la

capacidad de la cadena de valor de la industria aeroespacial, en el cumplimiento de sus objetivos de costo y rendimiento productivo (A. T. Kearney, 2008).

Las OEM además de ensamblar y vender aviones, participan también en la prestación de servicios de mantenimiento, reparación y operación (MRO) a las compañías aéreas.

A. T. Kearney (2013) indica que la integración por eslabonamiento de la cadena de valor todavía no es una práctica generalizada, y que se encuentra concentrada en forma fragmentada en empresas de nivel 3. Para Kearney es necesario determinar si la empresa proveedora desea ser parte integral, quiere ensamblar o sub-ensamblar o ser proveedora de servicios, es recomendable conocer los atributos dominantes o productos basados en la infraestructura y el tipo de aeronave a la cual se eslabona.

Por otro lado, Brown (2015) indica que en un mundo globalizado las empresas del sector aeroespacial y aeronáutica se encuentran fragmentadas, ésta fragmentación permite a las transnacionales especializarse en sus capacidades fundamentales, como lo es diseño, desarrollo de productos de tecnología avanzada y servicios, mientras que sus subsidiarias o empresas locales que se encuentran en países en desarrollo, fabrican partes o realizan procesos de poco valor agregado

La cadena de valor aeroespacial forma parte de un sistema complejo de producción, donde los proveedores de aeropartes locales están ligados a la empresa ancla (OEM-empresa gobernante), recibiendo transferencias de capacidades y tecnologías. Las partes aeroespaciales son diseñadas y fabricadas por medio de un proceso modular a través de interfaces estandarizadas (Casalet, 2011).

Los recursos humanos son clave en la cadena de suministro, el movimiento de materiales, procesos de manufactura, venta y administración, permiten la operación de la cadena de suministro.

Las cadenas de suministro aeroespaciales también son conocidas como *cadena de suministro lideradas por productores*, que indica que las empresas líderes que ejercen influencia sobre otros integrantes de la cadena de suministro son los OEM's (ITF, 2012), quienes son los que dominan el mercado mundial de aviones y motores por el poder de su gobernanza, por lo que se infiere que los proveedores solo tienen la opción de venderles a

ellos, por consiguiente esto permite a los OEM's poner condiciones que afectan a los salarios y condiciones laborales de todos los trabajadores de toda la cadena de suministro.

La tendencia actual en las cadenas de suministro aeroespaciales OEM's, es el de subcontratar tareas de diseño y fabricación a proveedores de los eslabones de la cadena de suministro, lo que permite ahorrar tiempo y dinero, y que los riesgos sean compartidos por toda la cadena de suministro. Estas cadenas de suministro cada vez más se están dispersando e integrando geográficamente, buscando lugares de inversión que cumplan con sus objetivos de crecimiento y ganancias.

La integración vertical de la cadena de suministro es tal vez, el principal reto en el corto y mediano plazo del sector aeroespacial, se requiere de contar con metodologías especializadas de transformación de insumos a partes de avión, además de hacer cambios en la estructura productiva para eslabonarse a la cadena de valor aeroespacial, debido a que el tamaño de los lotes de producción que requiere este sector es significativamente menor, que obliga se apliquen sistemas de producción más flexible y prorratear los costos de herramental en una menor cantidad de piezas. Esto impone un reto importante a las empresas de autopartes porque normalmente tienen que elaborar grandes pedidos provenientes del sector automotriz, además de considerar que la industria aeroespacial con sus normas estrictas de seguridad requiere de la certificación de procesos de las plantas de fabricación de aeropartes (Secretaría de Economía, 2009).

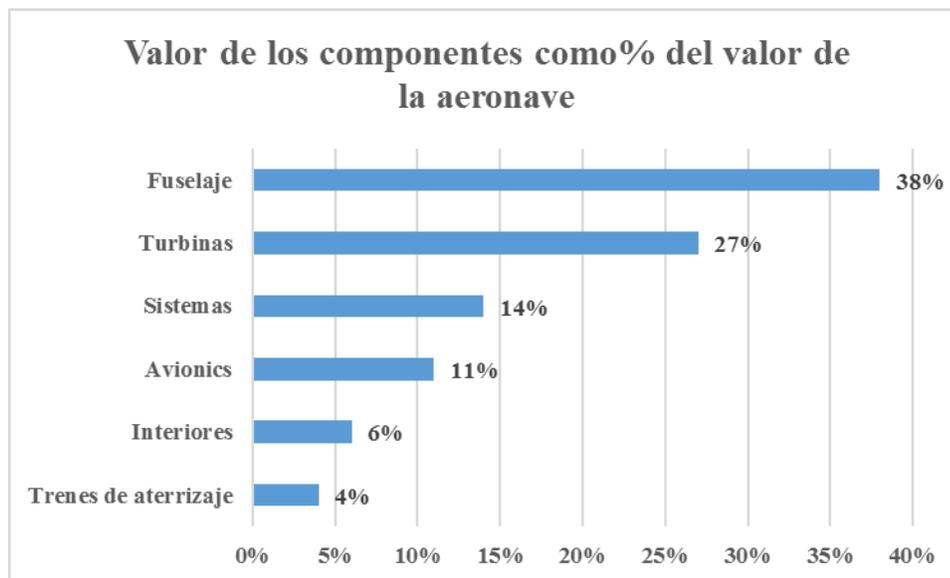
El apoyo educativo en el desarrollo de programas de capacitación, permite que empresas que se eslabonen al sector, tengan el conocimiento del manejo de procesos en materiales especiales como lo serían el titanio, el aluminio-litio y los cerámicos de alta resistencia.

Los principales segmentos de mercado global en los que la cadena de valor mundial aeroespacial se divide, son las propias aeronaves y sus partes, los motores de aeronaves y sus partes, sistemas eléctrico-electrónicos y aviónica, mantenimiento, reparación y supervisión (MRO), simuladores de entrenamiento, misiles, armamento, misiles y armamento.

La cadena de valor aeroespacial es compleja e implica la producción de varias partes que tienen diferentes requerimientos tecnológicos, dos de estos componentes son el fuselaje y el motor que en su conjunto representan alrededor del 65% del costo total de

producción de un avión, mientras que los sistemas de vuelo y aviónica representan el otro 25 por ciento, la figura 2.6 muestra el valor de varios componentes como porcentaje del valor de la aeronave de la producción mundial, donde el mayor porcentaje del valor de la aeronave está en la manufactura de fuselajes (Report, Aerospace Global, 2011):

Figura 2.6 Valor de los componentes como % del valor de la aeronave

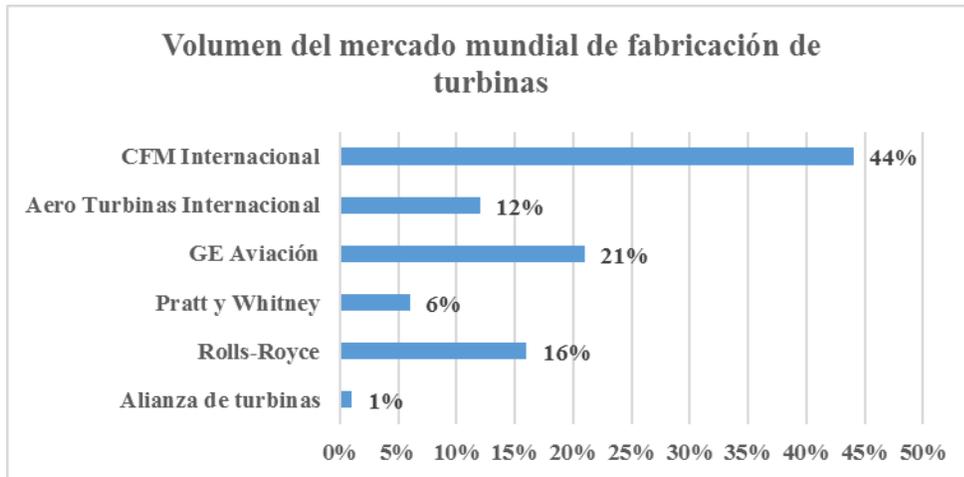


Fuente: Aerospace Global Report 2011, a Clearwater Industrials Team Report

La figura 2.7 muestra la participación por volumen del Mercado mundial de fabricación de turbinas, donde CFM Internacional es la compañía líder con 44%, después la empresa General Electric Aviación con una participación de 21%¹²:

¹² CFM Internacional es una empresa fruto de la colaboración entre GE Aviation de los Estados Unidos y Snecma de Francia. El propósito de esta compañía es construir y dar mantenimiento a los motores de reacción CFM56.

Figura 2.7: Participación por volumen del mercado de fabricación de turbinas



Fuente: EU AI Report, Clearwater

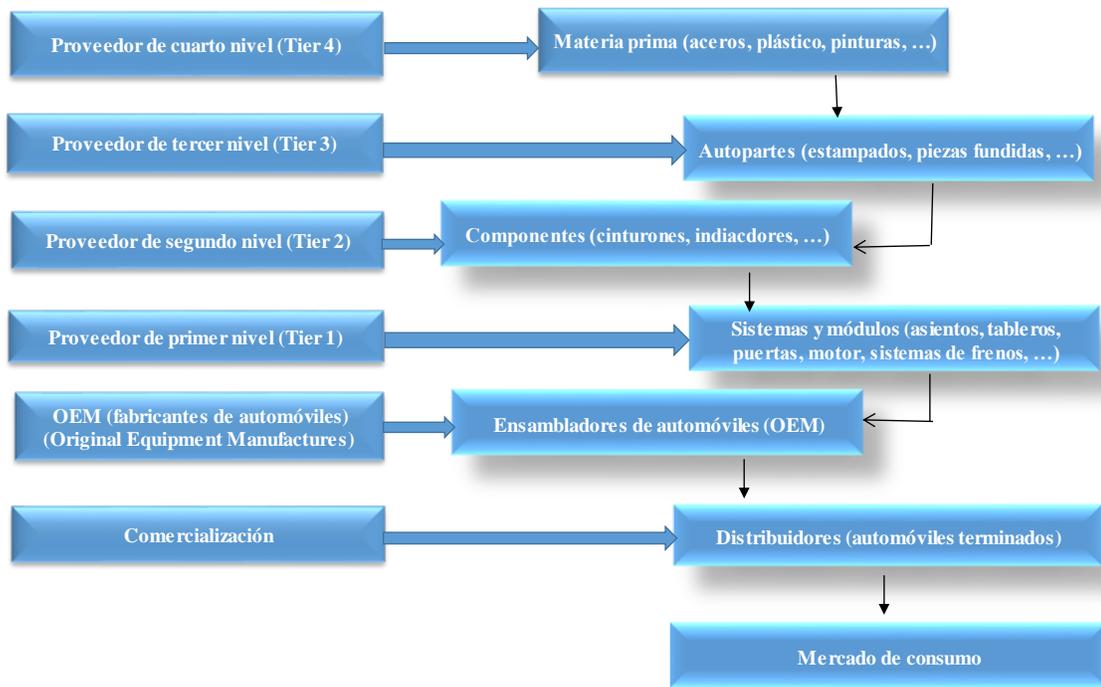
2.4 Cadena de valor de la industria de autopartes

La cadena de valor del sector de autopartes (figura 2.8) está compuesta de una gran cantidad de variantes en cuanto a los componentes que abastecen, comienza desde los proveedores de cuarto nivel denominados Tier 4 localizados principalmente en el exterior, quienes proveen al siguiente nivel Tier 3 de aceros, plásticos, pinturas, telas de asientos, etc., este nivel a su vez da valor a productos con estampados, piezas fundidas, piezas plásticas, etc., componentes que van a ser utilizados en la manufactura de cinturones, asientos, indicadores de gasolina, temperatura, carga de energía, etc., y que son enviados al siguiente nivel Tier 2, que los procesa en asientos, tableros, puertas, motores, sistemas de frenos, partes de suspensión, etc., para después proveer al eslabón de primer nivel Tier 1, que a su vez los integra en sistemas y módulos para ensamble final de los ensambladores de automóviles (OEM), el siguiente nivel está compuesto por distribuidores al mercado de consumo, nacional y extranjero.

El nivel Tier 1 tiene la capacidad de abastecer directamente la demanda de partes de las OEM automotrices, las empresas de este nivel tienden a contratar a menos proveedores, y permiten que organicen la cadena de suministro, el diseño y el ensamble de los subsistemas productivos.

En el nivel Tier 2 los proveedores no son integradores de sistemas, ni de componentes estandarizados, por lo general son pequeñas empresas y se caracterizan por surtir componentes especializados, frecuentemente tienen la responsabilidad de diseñar y probar sus productos, pero no el diseño de un sub-ensamble entero en donde son instalados, sus clientes directos son otros proveedores que están colocados en niveles más altos en la jerarquía de la cadena. El nivel Tier 3 se encarga de proveer autopartes y componentes al nivel Tier 2.

Figura 2.8: Cadena de valor de la industria automotriz y de autopartes



Fuente: Jiménez Sánchez (2006), Un análisis del sector automotriz y su modelo de gestión en el suministro de las Autopartes.

2.5 Estudios previos sobre la industria aeroespacial en México

En México y el resto del mundo investigadores han estudiado la influencia y el impacto de las EMN aeroespaciales en los países en donde se establecen. En México Casalet (2013), Hualde y Carrillo (2007) han realizado investigaciones sobre la industria aeronáutica, en Europa López (2012) realizó investigaciones sobre el desarrollo de la industria aeroespacial en el País Vasco, España.

Casalet (2013) estudia el sistema productivo del sector aeroespacial que se ha desarrollado en México y en el mundo, identificando las políticas que tiene nuestro país a

nivel federal y estatal, sobre todo en cuanto a normas y regulaciones en el establecimiento de empresas aeroespaciales en México.

Indica que la concentración de la industria es muy alta y en la que hay pocos competidores, y se caracteriza por requerir grandes inversiones, en la que los ciclos producción son muy largos. Supone que el grado de madurez tecnológica contando con el apoyo gubernamental es alcanzado por las grandes empresas aeroespaciales, y de esta manera permitir el eslabonamiento de partes que provienen de empresas medianas y pequeñas.

Asimismo, analiza el estado que guarda la cooperación e intercambio existente entre las distintas empresas productoras de aviones, e indica cómo son las relaciones de asociatividad y de mercado en proveeduría. En relación a las instituciones educativas intermedias y regionales, comenta el estado que guardan los planes de estudio de las instituciones educativas con relación a lo que requiere la industria aeroespacial. La industria aeroespacial se estructura en forma piramidal, formada por tres niveles de proveeduría, y que se caracteriza por una gran dependencia en relación con la innovación, la investigación y el desarrollo.

Analizando las capacidades tecnológicas, educativas y organizacionales precisa que es posible la atracción de inversión al sector aeroespacial en México, y explica que los productos de alta precisión, con calidad y seguridad internacional, son obtenidos por medio de alta tecnología y mano de obra. Al referirse a la “Política de encadenamientos productivos en México una nueva oportunidad: el clúster de la industria aeroespacial en México” , Casalet indica los rasgos y dinámicas de los sectores automotriz y aeroespacial (tabla 2.1), en demandas que presentan ambos sectores al contar con mayor número de empresas proveedoras, el tipo de trayectoria de empresas, las políticas públicas, el tipo de empresa en cada sector, los vínculos existentes con los centros de Ciencia y Tecnología y el tipo de desafíos que se presentan a los proveedores locales.

Tabla 2.1: Características de los agrupamientos productivos

Rasgos y dinámicas	Sector industrial	
	Automotriz	Aeroespacial
Origen	Demandas de proveedores por parte de empresas ensambladoras instaladas en el país.	Demandas de proveedores por parte de empresas ensambladoras.
Trayectoria	Consolidada. Regiones con desarrollo histórico (Centro y Valle de México) y post-TLC.	Inicio de construcción del sector con la llegada de empresas transnacionales al Norte, Frontera y Centro.
Gobiernos y políticas públicas	TLC y política de atracción de IED. Apoyos regionales a la instalación de plantas de las empresas ensambladoras.	Política de atracción de IED. Apoyos regionales a la instalación de plantas de las empresas ensambladoras.
Empresas	Empresas tractoras. Rol central de las empresas armadoras y sus proveedores de primer nivel.	Empresas tractoras. Rol central de las empresas ensambladoras.
Vínculos con el sistema de Ciencia y Tecnología	Mayoría de vínculos en torno a la capacitación de la mano de obra. Demandas de conocimiento especificadas por las firmas terminales.	Construcción inicial de vínculos con centros CONACYT y Universidades. Altos requerimientos de conocimiento vía I+D.
Desafíos para los proveedores locales	Integrarse a la cadena de valor del sector en segmentos con mayor complejidad de conocimiento.	Desarrollar capacidades de absorción, y gestión de negocios. Aprovechar la experiencia de proveedores del sector automotriz.

Fuente: Casalet (fecha) La política de encadenamientos productivos en México. Una nueva oportunidad: el clúster de la industria aeroespacial en Querétaro.

Hualde y Carrillo (2007) determinaron las características productivas del sector aeroespacial establecido en el Estado de Baja California y las competencias de la mano de obra calificada. Consideran que el estado puede producir partes de avión con una industria de soporte fragmentada y con requerimientos de mano de obra calificada y con tecnología de procesos certificada.

Para poder diagnosticar las potencialidades y limitaciones del sector aeroespacial aplicaron una encuesta a veintitrés plantas de aeropartes en B. C., por medio de la cual diagnosticaron la situación de éste sector, sus características productivas, estado de competencias en mano de obra calificada y el tipo de tecnología de producción. Por medio del comportamiento de la mano de obra determinaron sus competencias, la estructura de la

organización, administración, política educativa y capacitación. Asimismo, indican que las empresas multinacionales organizan la producción, la gestión y los recursos humanos de acuerdo a sus requerimientos.

Otra consideración que hacen con respecto a las EMN es el aumento de la demanda que se prevé en el corto plazo (2020), la cual se vincula a la demanda tecnológica, indican que los Estados y las EMN exigen la creación de centros de producción y transferencia tecnológica, como condicionante para incrementar las ventas a futuro y contar con mayor desarrollo en la aviación civil y militar. Sin embargo, a pesar del constante crecimiento que han tenido las EMN en el mundo, se prevé que tengan condicionantes en:

- Equipos tecnológicos que reduzcan la contaminación.
- Saturación de tráfico aéreo y su relación con las infraestructuras (aeropuertos).
- Tipo de combustible menos contaminante.

Las cadenas productivas de las EMN a partir de 2002 se organizaron en forma piramidalmente con pocos proveedores autónomos, delegando el diseño, desarrollo y producción de componentes a los proveedores de primer nivel, en segundo nivel a proveedores de bienes intermedios y materias primas, que han reforzado su especialización y asegurado su participación en la proveduría.

La organización geográfica juega un papel muy importante en la tendencia de proveduría en las cadenas de valor, las EMN por razón de costos seleccionan a empresas proveedoras cercanas a sus centros de ensamble, por ejemplo, la EMN europea Airbus ensambla en el este de EUA y compra partes a empresas localizadas en México.

La estructura de las EMN se compone por segmentos, en el primer segmento se encuentran empresas OEM, como Boeing, Airbus, Bombardier, Embraer y Eurocopter, quienes diseñan aviones, prospectan mercados y ordenan subensambles al segundo segmento compuesto por empresas como General Electric, Pratt y Whitney, Rolls Royce, quienes a su vez demandan productos y procesos al tercer segmento (Hualde - Carrillo, 2007).

Por su parte López (2012) investigó cómo y cuándo las empresas, los sectores y el conjunto de la economía de la región Vasca, crearon y desarrollaron su ventaja competitiva, definiendo cuáles fueron los factores de competitividad y la evolución de los factores en el

tiempo, considerando que la región Vasca por medio de inversión en investigación y desarrollo fuera capaz de desarrollar su industria aeroespacial, además de contar con capacidad exportadora, tecnológica y organizacional, y tener una política gubernamental industrial sustentable.

López (2012) hace una aplicación práctica del diamante de Michael Porter (2001) e indica que la industria aeroespacial del País Vasco llegó a ser proveedora de aeropartes, principalmente por contar geográficamente con empresas medianas interconectadas, que en forma conjunta con empresas proveedoras de servicios y empresas de sectores afines e instituciones conexas (centros de formación, centros de investigación, asociaciones empresariales), formaron un bloque competitivo internacional ante otras industrias que proveen de aeropartes a la industria terminal, lo que llevó a España a un nivel competitivo a nivel internacional. El diamante de Porter aplicado para analizar los resultados del país Vasco considera a la empresa como eje competitivo rodeado por cuatro fuerzas: los proveedores y clientes con los cuales tiene un poder de negociación y además dos fuerzas verticales que son competidores potenciales y empresas sustitutas.

Con los resultados se diseñó un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), que sirvió como plan estratégico a seguir en la consolidación de su crecimiento global. También se analizaron factores en los que se fundamenta la competitividad del clúster aeroespacial del área Euzkadi y observó cómo el clúster de la aeronáutica tuvo la oportunidad de poder suministrar piezas de aviones realizadas con nuevos materiales, el avance de la ingeniería de procesos y de diseño.

Al hacer la comparación entre el pasado y el presente de la industria aeroespacial en la región Vasca, el autor presenta los factores que impulsaron la formación y el mantenimiento de las ventajas competitivas de la región, a través de la coordinación entre las pocas empresas que forman el clúster Vasco se internacionalizaron con productos competitivos, lo que permitió que cada empresa desarrollara habilidades productivas y determinara nichos propios. El efecto que se buscó fue que las empresas suministradoras crecieran y aumentaran el número de productos y servicios que ofrecen a las empresas constructoras de aviones.

López (2012) indica que la coordinación del clúster y su capacidad de generar una marca propia de calidad y fiabilidad ha sido muy importante, debido a esto el clúster Vasco

creció y absorbió a empresas españolas muy antiguas y permitió su expansión en el resto del territorio, lo que conformó su internacionalización, además invirtió en nuevos clústeres en el resto del mundo, con objeto de estar cerca de los flujos de demanda de los grandes constructores de avión, como es el caso en México de la empresa Vasca Aernnova ubicada en Querétaro.

La industria aeroespacial en México es reciente pero con un crecimiento acelerado por las inversiones de las EMN, que se refleja en oportunidades de generación de empleos y escalamiento intersectorial.

La IAA ha tenido un gran interés en invertir en México para mejorar su ventaja competitiva, debido a la competencia entre empresas establecidas y con las nuevas empresas se suman al sector en diferentes países, como China y Rusia. Esta industria ha sido capaz de desarrollar procesos productivos de alto valor agregado capaces de generar spillovers (derramas de conocimiento) a través del establecimiento de vínculos con empresas que cuentan con capacidad de producir eficientemente partes de avión. El aprovechamiento de los spillovers que son generados por el establecimiento de EMN, se refleja en la superación que ha tenido el sector y su consolidación en la participación de procesos en investigación y desarrollo (IyD).

Asimismo, la IAA decide invertir en México por considerar los bajos costos de producción, la localización geográfica (cercanía con empresas ensambladoras), y la existencia de capacidades productivas relacionadas con la necesidad de proveeduría de aeropartes (obtenidas a partir de la experiencia en los sectores de autopartes, metalmecánica y electrónica).

La industria aeroespacial en México comenzó a desarrollarse desde la instalación de las primeras empresas extranjeras en la época del modelo de sustitución de importaciones. En los años sesenta en Baja California se establecieron Rockwell Collins y Switch Luz, después en 1999 en Querétaro se instaló el centro de diseño de General Electric, en Sonora también en 1999 se estableció la empresa Smith West. En 2000 se contaba con 20 empresas productoras de aeropartes, y en 2003 el gobierno federal desarrollo la estrategia de atracción de EMN líderes que sirvieran como anclas productivas y puntos de atracción para otras empresas, con objeto de contar con aglomeraciones industriales con capacidad de promover la competitividad de empresas mexicanas (Casalet, 2011).

Se considera a Baja California, Sonora, Querétaro, Chihuahua y Nuevo León los estados más importantes de la industria aeroespacial, tanto por sus capacidades como en especializaciones productivas, Chihuahua en manufactura de maquinados de precisión, Baja California en fuselajes y plantas de poder, en Sonora en turbinas, Querétaro en ensambles complejos de fuselaje, producción de bujes y mantenimiento de trenes de aterrizaje, y en Nuevo León actividades de soporte y manufactura.

La Nueva Geografía Económica (NGE) permite comprender la decisión de localización de las empresas, en virtud de que a menor distancia el costo logístico es bajo y permite ser más competitivo y tener economías en el flujo de procesos. Así mismo permite considerar la existencia de vínculos verticales Cliente-proveedor que se genera entre empresas ensambladoras y proveedoras.

Los vínculos intersectoriales son el resultado de producir y comercia bienes y servicios tradicionales, y facilitar el intercambio de información del conocimiento común (fujita, 2007). Las aglomeraciones aeroespaciales promueven el desarrollo de la economía local, que permiten fomentar los efectos de spillover, porque facilitan el intercambio de información entre empresas.

Las empresas que deseen ser parte de la cadena de proveeduría de aeropartes, deben de atravesar un proceso de capacitación en nuevas tecnologías (escalamiento tecnológico), manejo de nuevos materiales en procesos específicos (materiales compósitos, zinconeles, aceros especiales, entre algunos), con objeto de obtener certificaciones laborales, de maquinaria, equipo y herramienta, que les permita incorporarse al nuevo sector que exige la realización de actividades intersectoriales productivas no desarrolladas hasta entonces.

El spillover vertical permite generar mejoras continuas como proveedor aeroespacial y reforzar las ventajas competitivas del cliente.

A través del cociente de Co-Localización es posible cuantificar que tanto está una industria concentrada, un clúster, la ocupación, o la agrupación demográfica de una región comparada con la nación, esto puede revelar que es lo que hace a una región única en comparación al promedio nacional (EMSI, 2011). En esta investigación se determinaron las áreas en donde se concentra la industria aeroespacial, determinando la ocupación, la agrupación demográfica, y el clúster formado en Querétaro, que permitió investigar la problemática de proveeduría del sector de autopartes al sector aeroespacial.

Dentro de los usos de cociente de Co-Localización (se consideran clústers y ocupación laboral) se consideran:

- Determinar cuáles industrias hacen a una economía regional única
- Identificar la orientación exportadora de una industria
- Identificar industrias que comienzan a exportar
- Identificar las industrias de exportación en peligro de extinción que erosionen la base económica de la región.

Capítulo 3. La industria aeroespacial mundial

3.1 Producción mundial

La composición de participación del sector aeroespacial mundial a 2014 se conforma de la siguiente manera: Estados Unidos (50%), Europa (35%), Japón (6%), Canadá (6%) y Brasil (3%). Las cifras internacionales en la manufactura de partes de avión indican que los países como China, Israel, Taiwán, Brasil, Corea, India y Pakistán comienzan a desarrollar una significativa producción de partes para avión, creando una mayor competencia entre países.

La industria aeroespacial mundial presenta barreras de entrada a nuevos productores, una de las más importantes es la obtención de certificación que otorgan organismos internacionales, quienes exigen que las empresas que participen en el sector aeroespacial cuenten con tecnología y protocolos de seguridad en la fabricación de aeropartes.

En la producción de aviones para vuelos largos existe dos empresas: Boeing y Airbus. Sus productos no tienen una competencia abierta en todas las líneas debido a que atienden a distintos segmentos de pasajeros. Por ejemplo, Airbus fabricó el A380 avión con una capacidad de hasta 555 pasajeros, mientras Boeing presentó aviones con capacidad de 200 a 300 pasajeros para rutas y vuelos directos. Sin embargo, estas empresas presentan una competencia en venta de aviones que cubre distancias medias-cortas que transportan entre 150 y 200 pasajeros, para empresas de vuelos de costo bajo, por ejemplo Boeing cubre este segmento de mercado con el modelo B-737 y Airbus cubre el segmento de mercado con el A-320 (Rozenberg, 2008).

En la producción de turbinas (cuyas características de consumo, velocidad y seguridad son el factor de decisión de compra por las compañías fabricantes de aviones, siendo el consumo de combustible, la baja contaminación del medio ambiente la selección de compra) los principales fabricantes mundiales de turbinas son Rolls Royce en Europa, Pratt & Whitney en Estados Unidos y General Electric en Estados Unidos.

Existen empresas como BMW-Rolls Royce, Turbo Meca, Allison o Allied Signal proveedoras de motores de menor empuje y de turbohélices y turbo ejes. También se cuenta con pequeñas empresas europeas que colaboran entre ellas para llevar a cabo distintos

proyectos en diseño de partes para avión o en diseño del propio avión. En el mercado europeo Francia tiene una política de autonomía casi absoluta, porque fabrica sus propios aviones, lo que lo hace un país autónomo en el sector aeroespacial, fabricando aeropartes y ensamblando aviones, principalmente comerciales: La empresa Safrán Messier-Dowty que pertenece al grupo SNECMA (Société Nationale d'Étude et de Construction de Moteurs d'Avion) provee de turbinas y da servicio de mantenimiento de trenes de aterrizaje; en México este grupo tiene 20 años de establecida.

El resto de la demanda mundial de aviones es satisfecha por otras compañías fabricantes principalmente para vuelos regionales, con una capacidad aproximada de 70 pasajeros, con aviones tipo Jet que son demandados por las nuevas compañías de bajo costo que satisfacen la demanda de vuelos económicos por medio de aviones más pequeños.

Los factores críticos a tomar en cuenta en el sector aeronáutico son la seguridad de operación (aire y tierra), las condiciones meteorológicas, la puntualidad, el cumplimiento del servicio y confort para pasajero.

Algunos de los factores críticos de competitividad internos que se consideran en el sector aeroespacial son *los costos, el escalamiento de la tecnología al día, la cultura en la organización, la gestión financiera, el aprovisionamiento, la relación con proveedores, las compras, la informática y sistemas y la comunicación interna.*

En relación a la mano de obra el sector aeroespacial ha tenido un impacto económico en la generación de empleos a nivel mundial al incorporar a 32 mil empleados de alto nivel profesional, estimando que tendrá un crecimiento del 14% anual en los próximos cinco años (2015 – 2020). Este crecimiento ha permitido tener un incremento en la demanda de recursos humanos especializados, principalmente en técnicos, ingenieros y posgrados, que indica que este sector se ha desplazado hacia segmentos de mayor valor agregado, con una integración más especializada (Moran & Deloitte, 2015).

3.2 Valor del mercado mundial aeroespacial

En 2008 el valor del mercado mundial aeroespacial ascendió alrededor de 450 mil millones de dólares, 45 % de este valor correspondió a las ventas en el mercado de los Estados Unidos, seguido por Francia, Inglaterra, Alemania, Canadá, Japón y China. La IAA

en México indica que en este año se tuvieron ingresos de productos aeroespaciales por 3 mil millones de dólares (AeroStrategy, 2009) (tabla 3.1). De acuerdo con Global Aerospace Market Trends (2014-2033) el crecimiento del mercado aeroespacial llegar a ser \$352.5 billones de dólares en 2033, siendo los principales actores de este crecimiento Boeing, Airbus, Lockheed Martin, Northrop Grumman, Raytheon y Sikorsky. La empresa aeroespacial Boeing estima que para 2033 se venderán aviones comerciales y de defensa por un monto de \$5.2 trillones de dólares, cuya distribución geográfica por región será: Asia Pacífico con \$2,020 billones de dólares; Norteamérica con \$870; Europa por \$1,040; Medio Oriente por \$640; en América Latina con \$340; Comunidad de Estados Independientes (CIS) con \$150 y África con \$140, el mayor crecimiento de este mercado se tendrá en el cambio tecnológico, por el tamaño de los aviones y por el crecimiento de usuarios del transporte (Cotidiano, 2015).

Tabla 3.1: Valor del mercado mundial aeroespacial

No.	País	Ingresos (Miles de millones de dólares)
1	Estados Unidos	\$204.00
2	Francia	\$50.40
3	Reino Unido	\$32.70
4	Alemania	\$32.10
5	Canadá	\$22.30
6	Japón	\$14.10
7	China	\$12.00
8	Rusia	\$10.00
9	Italia	\$9.90
10	Brasil	\$7.60
11	España	\$6.10

12	Singapur	\$4.30
13	India	\$4.00
14	Holanda	\$3.40
15	México	\$3.00
	Otros	\$34.20
	Total	\$ 450.00

Fuente: AeroStrategy, Noviembre 2009.

3.3 Estructura de la industria aeroespacial mundial

El sector aeroespacial se caracteriza por ser altamente estratégico con gran valor en tecnología y en defensa, soportado por la industria metalúrgica, este sector cuenta con innovaciones de soporte en la industria electrónica y se encuentra desarrollando nanotecnología en productos de recubrimiento de partes metálicas y eléctrico electrónico.

De acuerdo al estudio de la Universidad Politécnica de Madrid, hay dos formas de organizar a la industria aeroespacial (Pro-Aéreo, 2012):

- 1) Desde la perspectiva de la proveeduría a las empresas aeroespaciales y su relación con la cadena de valor:
 - Empresas proveedoras nivel Tier1
 - Empresas proveedores Tier2 o Tier3
 - Proveedoras de servicios de mantenimiento
- 2) Desde el tipo de producto manufacturado:
 - La aviación comercial
 - La aviación regional
 - La aviación general (ligeros y de negocios)
 - La aviación militar (transporte, caza y entrenamiento)
 - Los helicópteros (civiles y militares)
 - La fabricación de motores, equipos, lanzadores, y misiles.
 - La fabricación de drones

Dentro de los segmentos de mercado en los que se divide el sector aeroespacial se tienen los civiles y militares, identificándose los siguientes:

Aviones de uso civil:

1. Aeronaves Comerciales
2. Aeronaves Regionales
3. Aeronaves de Aviación General
4. Helicópteros

Aeronaves de uso militar:

5. Aviones y Helicópteros

Actividades de servicio y mantenimiento

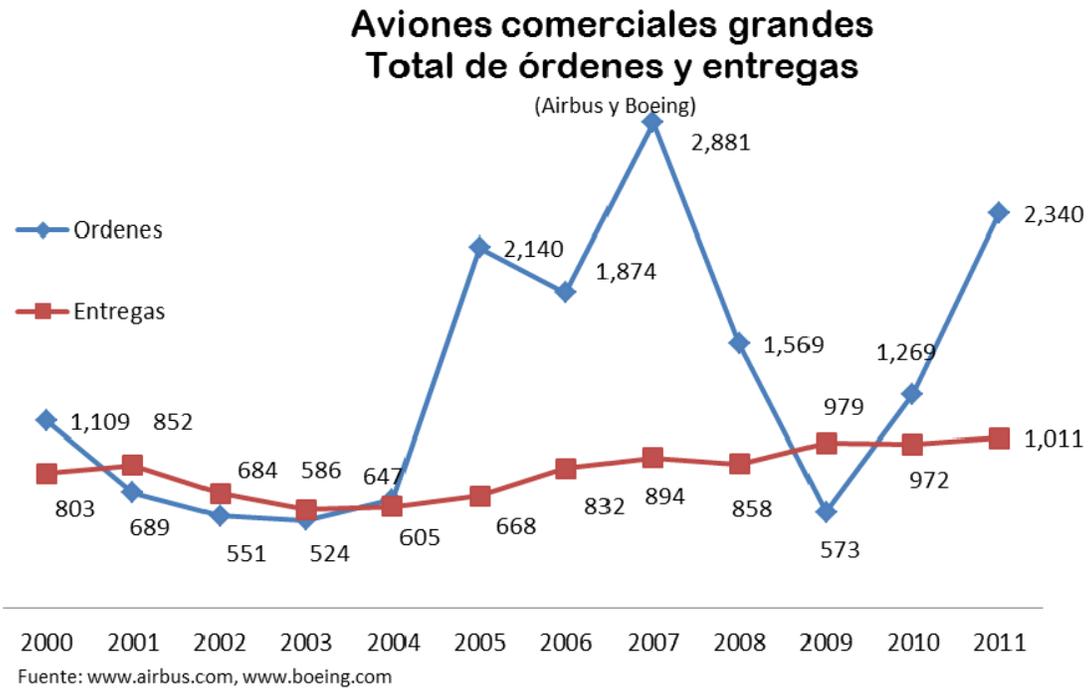
6. Mantenimiento y Reparación (MRO por sus siglas en inglés)

3.3.1 Aeronaves comerciales

Los aviones comerciales cuentan con capacidad de más de 100 pasajeros o su equivalente en carga, son aviones comúnmente utilizados para vuelos largos fabricados por **Airbus y Boeing**. Quienes satisfacen a este segmento por sus ventas y número de aviones en operación son el Airbus A320 y el Boeing 737, estos aviones transportan un máximo de 200 pasajeros y son utilizados para vuelos de mediano alcance e intercontinentales, en la figura 3.1 se muestra el total de órdenes generadas (demanda) y entregadas (oferta), en donde el número de órdenes sobrepasa por mucho a los aviones entregados lo que quiere decir que no se puede cubrir la demanda con las capacidades existentes. En 2011 se solicitaron 16,166 aviones y se entregaron 9,744, lo que representa 56.8% de las órdenes (S. E., Industria Aeronáutica en México, 2012).

En la misma figura se observa la caída de la demanda que se tuvo entre 2007 y 2009, misma que se recupera posteriormente cuando se inicia la recuperación de la crisis económica – financiera en Estados Unidos.

Figura 3.1: Total de órdenes de aviones

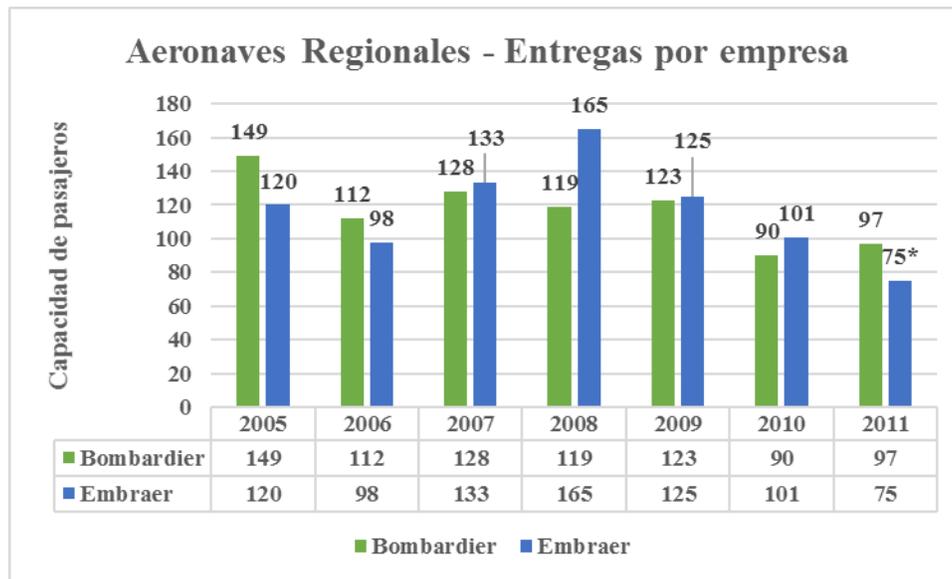


A partir de 2010 la demanda de aviones mostró signos de recuperación ante la crisis económica mundial, de tal forma que las órdenes de compra superan a las entregas, por lo que en 2011 las órdenes de compra fueron de 2,340 más del doble al número de entregas registradas en ese mismo año. *Esto nos muestra una alta demanda y baja oferta lo que señala las oportunidades en el mercado.*

3.3.2 Aeronaves regionales

Los aviones regionales tienen capacidad de hasta 100 pasajeros y recorren distancias más cortas, conocidas como aerolíneas de bajo costo. En la figura 3.2 se muestra la variación por entregas de las empresas **Bombardier** y **Embraer**, en 2010 y 2011 (tercer trimestre) la gráfica se observa que la empresa brasileña Embraer es la que realiza más entregas de aviones (S. E., Industria Aeroespacial en México, 2012).

Figura 3.2 Variación de entregas regionales de Bombardier y Embraer



Fuente: www.embraer.com.br; www.bombardier.com - *Dato al tercer trimestre

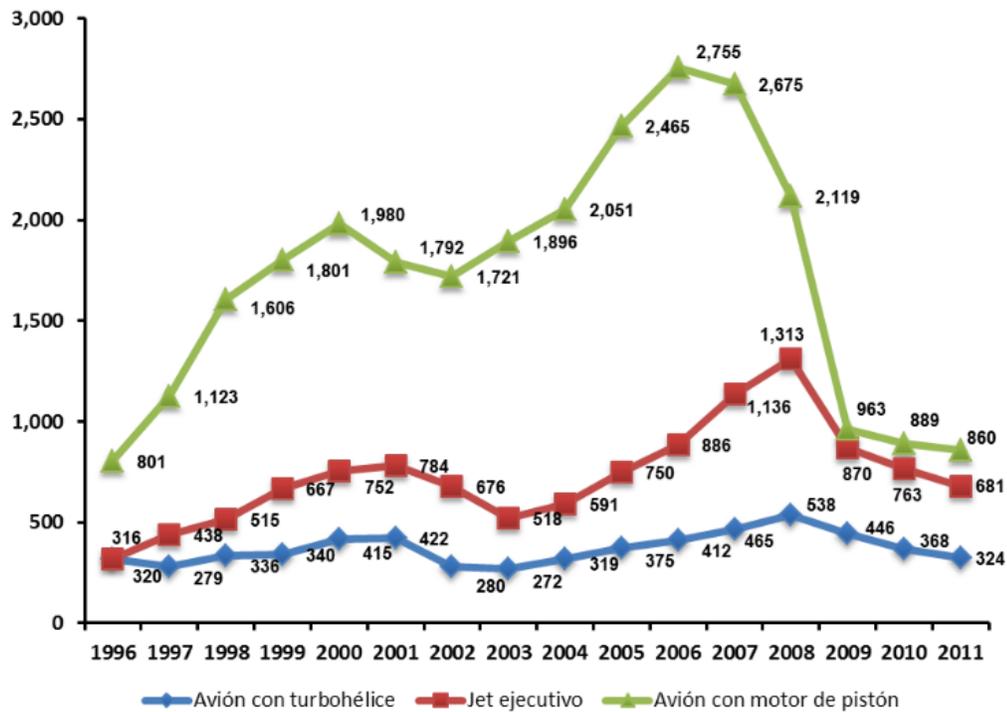
3.3.3 Aeronaves de aviación general (aviones ejecutivos)

El sector de aviación general representa un mercado de alrededor de 19 mil millones de dólares, que corresponde a la venta de 1,865 aviones en 2011. La flota de este tipo de aviones en el mundo es de 320,000 unidades de las cuales más del 71% se localiza en Estados Unidos.

En este segmento se encuentran principalmente los aviones ejecutivos o pequeños que generalmente son utilizados para flotillas privadas y taxis aéreos, entre otros usos. En la figura 3.3 se observa la caída de las ventas de aviones con motor de pistón, que se inicia a partir de 2006 porque los consumidores de éste tipo de avión requerían tener aviones con mayor velocidad, contar con excelente rendimiento aerodinámico y con una mayor eficiencia en gasto de combustible, los consumidores de estos aviones los prefieren por su costo que es menor a los propulsados a reacción.

En la figura 3.3 también se observa que a partir de 2008 se acelera la caída de las ventas de aviones turbohélice, jets ejecutivos y aviones con motor de pistón.

Figura 3.3 Venta de aviones ejecutivos



Fuente: General Aviation Manufacturers Association-2011, Statistical Databook and Industry Outlook

3.3.4 Ventas de la industria aeroespacial

En los últimos años, la actividad del sector aeroespacial en el mundo ha registrado un crecimiento impulsado entre otros factores, por la creciente demanda de aviones por compañías de aviación de bajo costo, así como por el aumento en el número de pedidos para la renovación de la flota de aviones por parte de países asiáticos, principalmente de China, donde la perspectiva para los próximos 20 años es altamente favorable tanto para la demanda de aviones grandes como medianos (S. E., 2012).

Global Market Forecast (2013-2032) indica que para 2032 el número de aviones se duplicará en más de 24,600 unidades, de los cuáles 20,242 son nuevas entregas de aviones, que reemplazarán a los obsoletos, el resto corresponde al crecimiento de la demanda en aviones nuevos, que serán más eficientes en un gasto de combustible del 15%.

La tabla 3.2 presenta las ventas en dólares a precios corrientes y constantes de aviones civiles, militares, misiles, productos del espacio, productos relacionados y servicios entre 2001 y 2012.

Tabla 3.2: Ventas de la industria aeroespacial por grupo de productos 2001–2012

Año	Ventas totales	Aviones				Misiles	Espacio	Productos relacionados y servicios
		Total	Civil	Militar				
Dólares corrientes (miles de millones)								
2001	151.63	86.47	51.28	35.22	10.39	29.50	25.27	
2002	152.35	79.49	41.34	38.15	12.85	34.62	25.39	
2003	146.03	72.84	32.44	40.40	13.49	35.86	23.84	
2004	156.48	79.13	32.52	46.61	17.46	35.70	24.20	
2005	167.13	86.66	37.16	49.50	18.44	36.66	25.36	
2006	182.58	98.28	45.85	52.44	20.26	37.58	26.48	
2007	196.53	105.8	52.55	53.05	21.98	39.90	29.06	
2008	199.49	102.9	49.18	54.71	23.20	43.22	30.18	
2009	208.87	110.18	51.30	58.88	24.22	45.04	29.44	
2010	210.55	110.51	48.16	62.35	25.06	45.30	29.68	
2011 (P)	218.08	116.19	49.68	66.51	25.57	46.36	29.96	
2012 (Est)	217.65	116.75	51.71	65.05	25.12	45.14	30.63	
Dólares constantes* (miles de millones)								
2001	147.73	84.25	49.94	34.31	10.12	28.74	24.62	
2002	145.98	76.16	39.61	36.55	12.31	33.18	24.33	
2003	136.34	68.01	30.29	37.72	12.59	33.48	22.26	
2004	141.76	71.68	29.46	42.22	15.81	32.34	21.93	
2005	145.83	75.62	32.43	43.19	16.09	31.99	22.13	
2006	153.78	82.78	38.62	44.16	17.06	31.63	22.30	
2007	160.54	86.26	42.93	43.33	17.95	32.59	23.74	
2008	157.13	81.04	37.95	43.09	18.28	34.04	23.77	
2009	160.58	84.70	39.44	45.27	18.62	34.63	22.63	
2010	159.91	83.93	36.58	47.35	19.03	34.41	22.54	
2011 (P)	162.57	86.62	37.04	49.58	19.06	34.56	22.33	
2012 (Est)	159.59	85.61	37.91	47.69	18.42	33.10	22.46	

Fuente: Asociación de industrias aeroespaciales (AIA), basadas en datos proporcionados en reporte de compañías: El presupuesto el Gobierno de los Estados Unidos la Administración Nacional de Aeronáutica y del espacio (NASA), Departamento de Defensa. * Basado en el precio aeroespacial compuesto deflactado, (200=100).

E – estimado

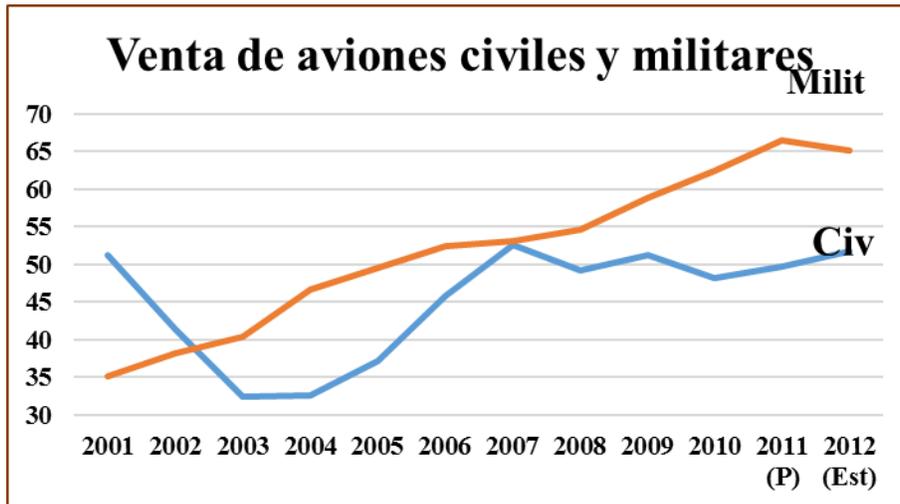
P - Preliminar

La figura 3.4 muestra las ventas totales en mmd de aviones civiles y militares durante el periodo 2001 – 2012, *se observa que la venta de aviones militares ha crecido más rápido que las ventas de aviones civiles*¹³. En 2003 y 2004 se observa una caída importante que se relaciona con la desaceleración de la economía de los Estados Unidos.

¹³En el análisis de venta y de participación se utilizaron los datos a precios corrientes, la variación a precios constantes y corrientes es mínima.

En 2007 las ventas de aviones civiles inician una caída mientras que los militares continúan creciendo. Las guerras que se originaran a partir de la caída de las torres gemelas pueden ayudar a entender este fenómeno.

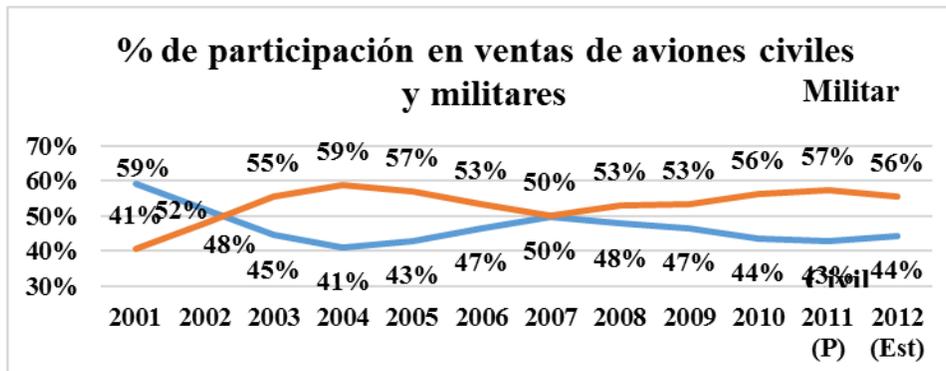
Figura 3.4: Proyección de venta de aviones civiles y militares 2001 – 2012, miles de millones de dólares constantes



Fuente: elaboración propia con datos de Asociación de industrias aeroespaciales.

Utilizando los datos presentados en la tabla 3.2 (a precios corrientes), la figura 3.5 muestra la participación porcentual de la venta de aviones civiles y militares, se observa que el porcentaje de las ventas militares a partir de 2002 está siempre por arriba de la venta de los civiles, esto indica que los países están más preocupados por posibles amenazas exteriores.

Figura 3.5: Cambios en la participación porcentual de la venta de aviones civiles y militares



Fuente: elaboración propia con datos de Asociación de industrias aeroespaciales

3.4. Principales empresas mundiales

Las 19 empresas del sector aeroespacial más importantes que en 2012 generaron grandes ingresos, se encuentran en la tabla 3.3, que indica que los ingresos reportados por estas empresas alcanzó la cifra de 495.5 mmd (16.55%), siendo Boeing la que ocupó el primer lugar con ingresos por 81.7 mmd, seguida por EADS con 72.7 mmd (14.73%). Los ingresos de estas dos empresas representaron ingresos por 154.4 mmd (31.3% del total), es decir, casi la tercera parte de los ingresos totales (Alto nivel, 2013). La industria aeroespacial mundial principalmente cuenta con dos grandes empresas multinacionales, **Boeing – McDD** en los Estados Unidos y el consorcio Airbus (antes European Aeronautic Defence and Space Company **EADS**)-, ambas compañías fabrican aviones de largo crucero, debido a los segmentos de mercado que demandan los viajeros en vuelos transcontinentales, comparten el mercado mundial principalmente de pasajeros.

Boeing se conforma por tres grandes corporaciones en el área de defensa de Estados Unidos, por un lado la Compañía Northrop – Gruman, quien se especializa en sistemas electrónicos de defensa, la Compañía Lockheed – Martin, que construye aviones y misiles y la Compañía Raytheon, que se dedica a la parte de electrónica. En 2014 existió 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.

Tabla 3.3: Las 19 empresas del sector aeroespacial que generaron más ingresos en 2012

Empresa	Millones de dólares - 2012
Boeing	81,698
EADS	72,628
Lockheed Martin	47,182
General Dynamics	31,513
United Technologies*	28,277
BAE Systems	26,501
Northrop Grumman	25,218
Raytheon	24,414
Finmeccanica	22,141
GE Aviation*	19,994
Rolls Royce	19,391
Thales	18,206
L-3 Communications	17,508
Textron	13,146
Honeywell Aerospace*	12,040
SAIC	11,173
Bombardier Aerospace*	8,628
Precision Castparts Corp.	7,215
Huntington Ingalls Industries	6,708
Total	493.5

*Resultados parciales de la compañía basados en la actividad A&D, identificados por A&D-segmento específico de negocio, hasta donde fue posible.

Fuente: Datos de empresas y notas de prensa, Deloitte LLP's,

Las principales empresas multinacionales que realizan actividades de manufactura y servicios se muestran en la tabla 3.4, se muestran aquellas empresas que tienen actividades específicas en manufactura de aeronaves comerciales, aeronaves regionales, manufactura de motores, servicios de mantenimiento y reparación (MRO), producción de helicópteros de uso civil y a empresas del sector dedicadas al sector defensa. El mayor número de empresas se encuentra en la actividad de servicios de reparación y mantenimiento, en las que se encuentran ST Aerospace, TIMCO; HAECI; Airfrance, Lufthansa Technik, KLM, Haeco.

Tabla 3.4: Principales empresas internacionales por actividad de manufactura y servicios

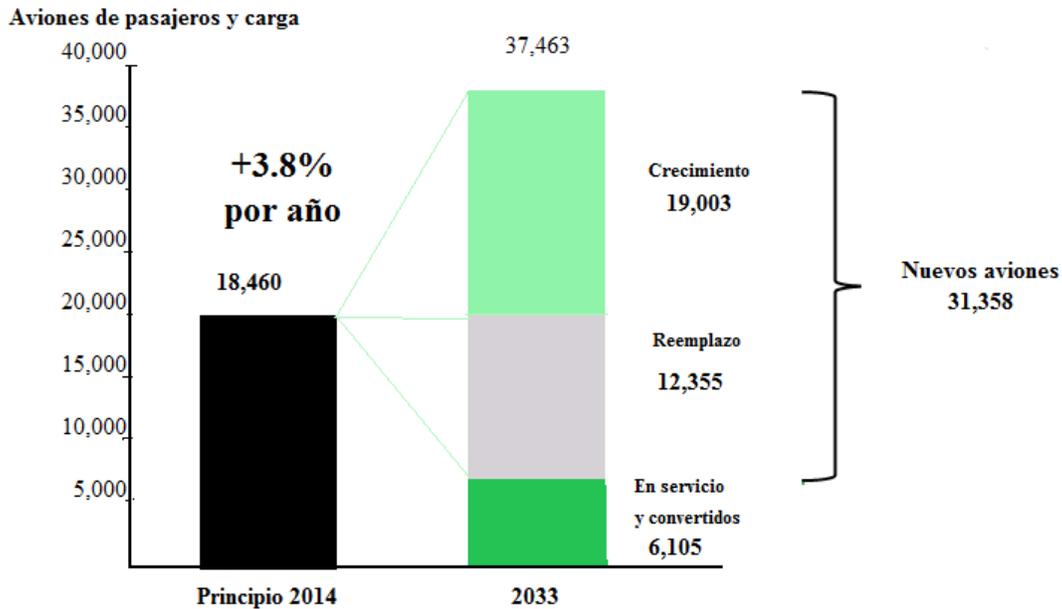
Actividad	Empresa
Manufactura de aeronaves comerciales de gran tamaño	Airbus, Boeing
Manufactura de aeronaves regionales	Aviones turbo hélice ATR, Embraer, Bombardier
Manufactura de aeronaves ejecutivas	Learjet, Gulfstream, Cessna, Bombardier,
Manufactura de motores	Rolls-Royce Pratt & Whitney, GE Aviation
Servicios de reparación y mantenimiento	ST Aerospace, TIMCO; HAECI; Airfrance, Lufthansa Technick, KLM, Haeco
Producción de helicópteros de uso civil	Eurocopter, Sikersky, AgustaWestland
Empresas del sector defensa	Bae Systems, Boeing, EADS

Fuente: Elaboración propia con datos de la Federación Mexicana de la Industria aeroespacial

3.5 Proyección de ventas de aviones por empresa a nivel mundial

El mercado aeroespacial crece a un ritmo del 3.8% anual, tomando en cuenta que Boeing y Airbus son los principales actores que pueden llegar a vender 31,500 aviones en 2033, la figura 3.6 muestra que a principios de 2014 se tenían 18,400 aviones, y de acuerdo al ritmo de crecimiento anual pronosticado se alcanzará la venta de 31, 358 aviones, de los cuales 19,003 serán nuevos y 12,355 de reemplazo, y se tendrán 6,150 en servicio y convertidos.

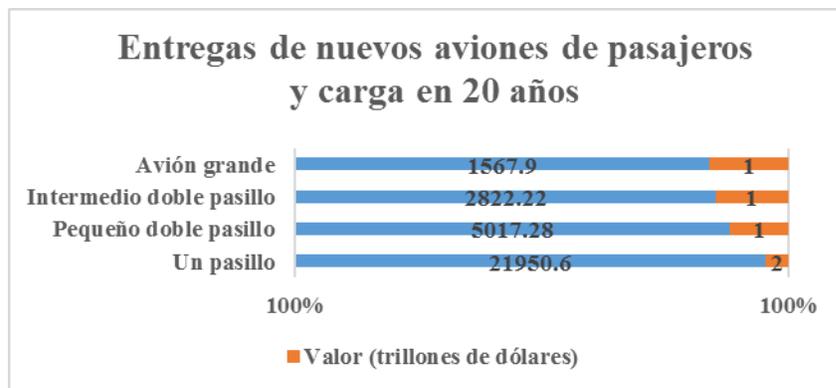
Figura 3.6: *Demanda sobre 31,358 nuevos aviones*



Fuente: Airbus Global Market Forecast 2014 – 2033

La figura 3.7 muestra el desglose de la venta y el valor de Aviones pronosticados a 2033, en donde el mayor volumen de venta está en aviones con un solo pasillo con un valor de 2 trillones de dólares, y 1,567.9 aviones grandes con valor de un trillón de dólares.

Figura 3.7: *Entregas de nuevos aviones de pasajeros y carga en 20 años*



Fuente: Elaboración propia con datos de Global Market Forecast 2014-2033

De acuerdo a las cifras anteriores, la flota mundial de 18,460 aviones en 2014, crecerá a más del doble hasta alcanzar 37,463 en 2033. De los 31,358 aviones que se van a

necesitar, 26,920 serán aviones de pasajeros, de estos solo 10,170 servirán para reemplazar aviones antiguos y con menor eficiencia.

A continuación se presentan las oportunidades de mercado en el corto plazo (FEMIA, 2012).

- ❖ BOEING.- Del 2008 al 2018, producirá 3,949 aviones para el segmento de pasillo único (modelo B737), y 1,953 para el de pasillo doble (modelo B 767/777/787).
- ❖ EADS (European Aeronautic Defense and Space Company).- Del 2008 al 2018, entregará 4,356 aviones para el segmento de pasillo único (A320) y 1,354 para el de pasillo doble (A330-340-350-380).
- ❖ BOMBARDIER.- Se tienen oportunidades en los siguientes programas civiles:
 - Bombardier CSeries (CS100 – 33 pedidos y el CS300 - 57, los cuales se prevén entren al mercado en el 2013)
 - Bombardier Learjet 85 (Existe un pedido de 60 modelos por un monto de 17.2 mill. de dólares)
 - Bombardier Challenger 300 & Learjet NXT
 - Bombardier Dash8-Q400X (Pendientes de entregar 62 aviones para el 2013 – 2014).
- ❖ SUKHOI (empresa rusa fabricante de aviones):
 - En 2010-11 se introducirá el Superjet SSJ, el cual costará 27.8 millones de dólares.
 - Producirá 110 unidades hasta 2010, principalmente para clientes rusos.
 - Competirá contra los E-jets de Embraer y los programas C-R-J de Bombardier.
- ❖ EMBRAER.- Espera tener una demanda de 6,875 aeronaves para los próximos 20 años (2010-2029), alguno de los modelos que podrán requerirse son:
 - Comerciales:
 - Embraer EMB 110, 120, 145, 170, 175, 190, 195
 - Embraer/FMA CBA 123 Vector
 - Familia ERJ 145
 - Familia Embraer E-Jets, Phenom 100, 300, Legacy 600, Lineage 1000.
 - Militares:
 - Embraer EMB 312, EMB 314

- AMX International AMX
- Embraer KC-390 (En desarrollo)
- Variantes militares de la familia Embraer ERJ 145, Ejecutivos

Fumigadores:

- Embraer EMB 202 Ipanema
- AVIC (Aviation Industry Corporation in China): Producirá 150 jets regionales de 2008 al 2018.

❖ COMAC (Commercial Aircraft Corporation of China): Actualmente se encuentra creando dos nuevos aviones, los cuales iniciarán entrega en el año 2016:

- El Jet C919
- El avión regional ARJ21

❖ MITSUBISHI Aircraft Corporation (MJET):

- Producirá el Jet Regional Mitsubishi.
- Su principal cliente será la compañía de vuelo “All Nippon Airways”.
- Espera vender 1,000 jets en los próximos 20 a 30 años, hará 102 entregas de 2008 a 2018.

Asimismo, se considera que las oportunidades se presentan en un ciclo de crecimiento, es decir, grandes corporaciones como Boeing y Airbus controlan los estándares de mercado y generan pedidos en un promedio de siete años, mientras que la demanda de empresas de menor tamaño como Bombardier, Embraer, Mitsubishi, Sukhoi e Irkut, Comac y Avic la generación de pedidos es de cinco años.

3.6 Tendencias mundiales del sector aeroespacial e implicaciones para México

El sector aeroespacial mundial por su crecimiento acelerado en los últimos años, ha permitido que las EMN tiendan a invertir en el desarrollo de nuevos materiales, uno de estos son los materiales nanocompuestos, que son materiales constituidos por dos o más elementos, es decir, uno es el polímero y otro un material reforzante de tamaño nanométrico (nanoplateletas de grafito), tendencia que se contempla continuar aplicando hasta el 2022. Otras tendencias que se consideran desarrollar y aplicar en la tecnología de

estructuras, es reconvertir los sistemas hidráulicos y neumáticos a eléctricos de 2016 a 2021, contar nuevas alas híbridas de 2019-2022, aviones que despeguen y aterricen en cortas distancias de 2018 a 2020 y la utilización de aviones militares drone de 2019 a 2022 (ProMéxico, Plan Nacional de Vuelo 2014).

Otras tendencias que contemplan las EMN son las tendencias en cambio de turbinas en aviones nuevos y modelos de 2013 a 2016, la aplicación de nuevas tecnologías en el alma de motores nuevos de 2015 a 2019, la estabilidad de las turbinas en las alas de avión de 2020 a 2022, nuevos mandos en los turborreactores de 2013 a 2017, diseño de nuevos rotores abiertos sin conductos de 2018 a 2021, instalación de transmisiones directas de 2013 a 2017, instalación de ventiladores de contrarrotación de 2013 a 2018, y la tendencia de diseñar e instalar nuevos controles de flujo adaptable de 2019 a 2022.

En combustibles la tendencia se hará realidad en 2019, se pretende dejar de consumir turbosina para utilizar en su lugar combustibles como la biomasa o biojet, el gas licuado de petróleo (LP), el queroseno, el metano líquido, el biodiesel, el gas natural comprimido, los furanos, el etanol, los combustibles de transesterificación, el hidrógeno líquido y el butanol, un combustible que se está elaborando y usando a partir del dióxido de carbono, es el sintegas que se obtiene de convertir el dióxido de carbono en monóxido de carbono.

Las tendencias en control y tráfico aéreo serán constantes de 2016 a 2022, y se aplicarán en comunicaciones, en navegación por desempeño, en transmisión automática de vigilancia, en gestión de información del sistema, en sistemas de aterrizaje y transmisión automática de vigilancia.

De acuerdo con ProMéxico (2014) las tenencias económicas, sociales, ambientales y políticas legales también afectan la industria aeroespacial a continuación mencionamos las más importantes:

a) La tendencia económica considera la inversión nacional en el desarrollo de nuevos materiales, la integración de los bloques económicos, el reconocimiento por las OEM de la manufactura de aeropartes mexicana, la tendencia de las empresas ensambladoras de tener mayor dominio en la manufactura de aeronaves de vuelos

regionales, contar con HUB¹⁴ de servicios aeronáuticos integrales en mantenimiento, reparación y operación, el desarrollo de KPO en economía emergentes o sea el aprovechamiento de la extensión del outsourcing de procesos en el que se aprovecha el conocimiento de los procesos de manufactura de alto valor, y finalmente el proteccionismo en los países con economía desarrollada.

b) La tendencia social en el sector aeroespacial considera que el recurso humano es la base de su operación, y está formada por ingenieros, técnicos, empresarios, académicos y autoridades. Los ingenieros y técnicos cuentan con preparación en mecatrónica, robótica, diseño electrónico, nanotecnología, metalurgia y nuevos materiales, que son capacitados en instituciones educativas especializadas en el sector aeroespacial, y son considerados elementos que se tienen que conservar, por lo que la industria tiene planes de desarrollo para evitar la fuga de profesionistas. Por ejemplo, para conservar el capital social y la plantilla de personal, las empresas aeroespaciales proporcionan bonos de actuación.

c) La tendencia ambiental tiene una relación estrecha con la tendencia en combustibles y se considera la investigación en combustibles alternos, la fabricación, ensamble y materiales 100% ecológicos, investigación en motores más silenciosos, investigación en materiales compósitos más ligeros, disminución de la huella de carbono del avión, y las normas ambientales impuestas a misiones autorizadas por la Unión Europea (UE), estas tendencias se proyectan de 2013 a 2022.

d) La tendencia política y legal pretende lograr la aceptación global de impuestos a las emisiones de CO₂, y permitir la entrada al país de empresas que respeten y apliquen los reglamentos de la ley del impuesto a las exportaciones, además que el país de albergue tenga el marco legal que permita a las empresas extranjeras ser competitivas.

¹⁴ Se considera un HUB aeroespacial a un centro industrial en donde se ofrecen procesos de manufactura y/o servicios globales.

3.7 Implicaciones de las tendencias de la industria aeroespacial para México:

La importancia de los resultados que se obtengan derivados del análisis de las tendencias radica en evaluar si la industria nacional puede integrarse. Las implicaciones que traen estas tendencias para la proveeduría mexicana se reflejan en el crecimiento en la producción de partes para avión, el incremento de utilización de mano de obra mexicana, y podría haber mayor participación de la industria de autopartes en el sector aeroespacial. Además de cumplir con el escalamiento tecnológico indicado en la tendencia estructural y de sistemas de vuelo. Para poder responder a la tendencia de cambio en los motores se deberá contar personal capacitado. Las certificaciones son de gran importancia y es necesario invertir tiempo y dinero en su obtención.

La tendencia económica implica que la proveeduría mexicana produzca partes de avión que cumplan con las exigencias de las empresas ensambladoras, y que en dado caso consideren el outsourcing de procesos (KPO).

En la tendencia social las empresas proveedoras deberán pensar en compensaciones justas y salarios dignos que impidan la fuga del personal y generar confianza en México como socio en el uso de tecnología.

Los diseños alternativos como el cinturón de seguridad, se han probado e introducido en los aviones, en los cuáles se utilizan metales más ligeros para reducir el peso y que están considerados amigables con el medio ambiente, además de utilizar menos tela en la correa de sujeción. La tendencia en el diseño de turbinas más eficientes ha permitido que éstos reduzcan su consumo de combustible.

Otra tendencia a considerar se presenta en la innovación en el confort en los interiores y el uso de nuevos materiales como lo son los materiales compósitos.

3.8 Derecho aeroespacial

El derecho aeroespacial es un conjunto de normas jurídicas que regulan la navegación aérea y que *establecen el uso de infraestructuras*, sea con fines civiles (comerciales o no) o militares, las cuales pueden ser de origen nacional o internacional, y en donde se agrupan los países en la Organización Internacional de Aviación Civil. El

derecho aeronáutico se desarrolló a partir de los vuelos de aeronaves de hélice, en donde se hizo necesario regular a las empresas de servicio, principalmente de carga y pasajeros. En México para tener un marco regulatorio sobre la Industria aeroespacial se creó la Agencia Espacial Mexicana (AEM), organismo público descentralizado del Gobierno Mexicano, encargado de coordinar la Política Espacial de México a fin desarrollar especialistas, tecnología e infraestructura necesarias para consolidar al sector espacial, fue creada el 20 de abril de 2010. *Una de las líneas generales que emitió esta Agencia y con gran importancia en el marco legal de proveeduría de aeropartes de la industria terminal, es el referente a la investigación, desarrollo científico, tecnológico, innovación (Diario oficial de la Federación, 2010).*

El Derecho Espacial sirve para resolver intereses que se presentan entre empresas y personas que se relacionan en cuanto a instalaciones (aeropuertos), bienes (aviones) y espacio aéreo (donde circula la aeronave), en cuanto a las instalaciones se considera principalmente la infraestructura en negocios internos, lugares de estacionamiento, hoteles, salas de salida y llegada de pasajeros, talleres de mantenimiento de aviones, instalaciones de bomberos, oficinas administrativas, seguridad, hangares, almacenes, combustibles (depósitos y manejo de los mismos) y servicios de alimentos en aviones. El derecho aeronáutico basa su estructura jurídica en el principio de soberanía de los estados que está relacionada a sus respectivos espacios aéreos, siendo extensiva a la tecnología de fabricación y producción que afectan las regulaciones jurídicas (Rodríguez, 2000).

Los aviones considerados como un medio de transporte ideal, cuyo objetivo es proporcionar al usuario el servicio de llegar a su destino en poco tiempo y acortando las distancias largas, permite a las naciones realizar acuerdos, tratados y convenciones multilaterales cuyo objetivo es el de establecer normas y regulaciones jurídicas.

Las normas que regulan al sector aeroespacial son de naturaleza de jurisprudencia del derecho administrativo, como es el caso de las normas que regulan o autorizan la apertura de aeródromos, licencias de vuelo e imposición de sanciones.

Asimismo, el derecho administrativo se complementa con normas provenientes del derecho internacional público (normas y organizaciones aeronáuticas que se derivan de acuerdos internacionales), derecho mercantil (normas que regulan el contrato del transporte aéreo), normas laborales (condiciones de trabajo de las tripulaciones) y normas penales

(normas que determinan y reprueban los delitos aeronáuticos) (Organización de Aviación Civil Internacional, 2014). También se cuenta con reglas y regulaciones que adoptan organismos como la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) (IATA, 2009).

La legislación aeronáutica mexicana abarca aspectos de política nacional e internacional, de desarrollo económico y social, de modernización sustentable de la industria, avances tecnológicos para garantizar la seguridad operacional y de coordinación de autoridades con objeto de proteger a la aviación de actos de interferencia ilícita, incluyendo actos terroristas (Montero, 2008).

3.9 Certificación de proveedores de la industria aeroespacial

El sector aeroespacial en el mundo requiere de seguridad y fiabilidad en sus productos y servicios, estando sometidos a rigurosas inspecciones de calidad y funcionamiento aplicando una tolerancia de cero defectos (Aenor 30, 2010).

Una de las certificaciones que requiere esta industria cuenta con el sistema de gestión de la calidad aeroespacial UNE-EN 9100, es una certificación que tiene por objetivo mantener y aumentar la calidad y fiabilidad de las partes de avión.

Otra certificación internacional que aplican las empresas de este sector es la certificación en gestión avanzada de calidad 9004, que evalúa en forma escalonada los sistemas de gestión basados en la ISO 9001 y sus resultados en el negocio, permite priorizar la mejora en productos y servicios.

La certificación más aplicada por las empresas del sector aeroespacial mundial es la **AS9100**, norma de sistema de gestión de calidad basada también en la norma ISO 9001, con requisitos específicos para la industria aeroespacial y de defensa, y que además tiene asociada la norma 9110 relacionada con la reparación y reacondicionamiento de la organización, y la norma 9120 que se aplica para la distribución. La certificación internacional AS9100 en el continente americano se conoce como AS9100, en Europa EN9100 y en Asia Pacífico JIS Q 9100.

A continuación se muestran algunas de las principales empresas certificadoras internacionales (tabla 3.5), las empresas proveedoras de la industria aeroespacial pueden

solicitar su certificación de acuerdo a los requerimientos de la OEM (Industria Aeronáutica en México, 2012).

Tabla 3.5: Instituciones que realizan procesos de certificación del sector aeroespacial

Entidad certificadora	Objetivo	Normatividad
International Aerospace Quality	Implementar iniciativas de materiales de calidad	Serie 9100 (AS9100, EN9100 y JIS Q9100)
Performance Review Institute (PRI)	Proveer a nivel internacional, de forma imparcial e independiente servicios de evaluación y certificación de productos	NADCAP (National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program)
Society of Automotive Engineers (SAE)	Desarrollar información técnica e involucra estándares para algunos materiales de consumo o procesos de fabricación y operación	ISO 9001 - 2000
Federal Aviation Association (FAA)	Implementar acciones necesarias para formar un sistema nacional de control en Estados Unidos.	Code of Federal Regulations
European Aviation Safety Agency (EASA)	Promueve los más altos estándares de seguridad y de protección al medio ambiente en la aviación civil.	European Community Law regulation (EC) No.:1592/2002, Management Board Amending and Replacing Decision 7-03
Organización de Aviación Civil Internacional, OACI, organismo especializado de la ONU, con personalidad jurídica internacional	Administra los principios establecidos en el convenio sobre aviación civil internacional, además fija las normas sobre seguridad operacional y de aviación, así como parámetros de eficiencia y regulaciones.	Convenio sobre aviación civil internacional y anexos 1 al 18

Fuente: Secretaría de Economía - Dirección de Industrias Pesadas y Alta Tecnología

El programa nacional aeroespacial y de defensa en acreditación de contratistas (NADCAP) es un programa con el cual se aprueban procesos especiales y productos, además de proveer mejora continua en las industrias automotriz y aeroespacial, esta certificadora es administrada por Performance Review Institute (PRI), institución que administra el programa de certificación de procesos aeroespaciales con oficinas en Pittsburgh, Pennsylvania. PRI lleva la administración de procesos especiales y productos en forma consensada para proveer una mejora continua dentro de las empresas que se dediquen a producir partes de avión.

La figura 3.8 muestra la secuencia de responsabilidades que sigue NADCAP en el proceso de otorgación de certificación a nuevos proveedores de la industria aeroespacial.

Figura 3.8: Responsabilidades de NADCAP en proceso de certificación.

Cumplimiento - Control - Ahorro en costos - Reducción del Riesgo

PRI gestiona la supervisión de la cadena de suministro y el programa de control para el sector aeroespacial (NADCAP), provee soluciones en diseño para la mejora de procesos y de la calidad de los productos al añadir valor agregado, también por medio de su supervisión se reducen riesgos y se mejora la seguridad en producción, se reducen los costos y se mejora la consistencia de los proveedores y su desarrollo.

Los programas de certificación establecidos por PRI se muestran en la figura 3.9, siendo estos el programa de acreditación (calificación), el de calificación del producto, el de desarrollo profesional y el de la dirección de sistemas. En cuanto a la acreditación (calificación) es responsabilidad de NADCAP, en donde se analizan los procesos especiales en producción, los sistemas de evaluación y de certificación del producto. El programa de calificación del producto se enfoca en productos más que en procesos. El programa de desarrollo de personal califica al personal que es desarrollado y manejado por la empresa que se certifica, así como el establecer la mejora de la calidad del personal, productos y procesos. El último programa es de la dirección de sistemas que es responsabilidad de la Oficina de Acreditación Nacional ANSI-ASQ (ANAB), que por medio de un comité aprueba el registro comprometido por parte de la empresa a certificarse en cuanto a la mejora de la calidad del personal, de productos y de procesos en base a las normas AS9100, ISO9000, ISO14001.

Figura 3.9: Programas de certificación establecidos por Performance Review Institute (PRI)



Fuente: PRI & NADCAP Overview; Justin McCabe; Research & Development Specialist Robert Nixon Senior Staff Engineer, Chemical Processing; 11 April 2013

Es importante mencionar que PRI tiene la responsabilidad del manejo industrial para la supervisión de la cadena de suministro y el control del programa aeroespacial (NADCAP-PRI) (Consultoría Empresarial, 2014).

Las principales empresas mundiales atendidas por PRI/NADCAP son: Airbus, Boeing, Bombardier, Eurocopter, Honeywell, Safrán, Raytheon, Volvo Aero, Eaton Aerospace, General Electric Aviation, Northrop Grumman, etc., que cuentan con autoridad en el diseño y requieren de empresas proveedoras de aeropartes que estén certificados por el Performance Review Institute (PRI)

Cada uno de los programas de NADCAP mencionados incluye sub-programas, por ejemplo, el Tratamiento Térmico (HT) tiene al menos 10 familias de aleaciones, 16 procesos y 3 servicios.

Por proveedores, PRI señala que son aquellas compañías que proveen procesos especiales a las empresas solicitantes (principalmente empresas terminales), si el proveedor requiere certificarse, puede aplicar a los programas que lleva a cabo NADCAP:

- Procesos especiales:
 - Pruebas No Destructivas
 - Prueba de Materiales
 - Tratamientos de Calor
 - Procesos Químicos
 - Pruebas de Soldadura
- Sistemas y productos
 - Selladores
 - Distribución
 - Sistemas de Calidad Aeroespacial
 - Estándares de Distribución de Fluidos
 - Elastómeros
 - Compósitos
 - Electrónicos

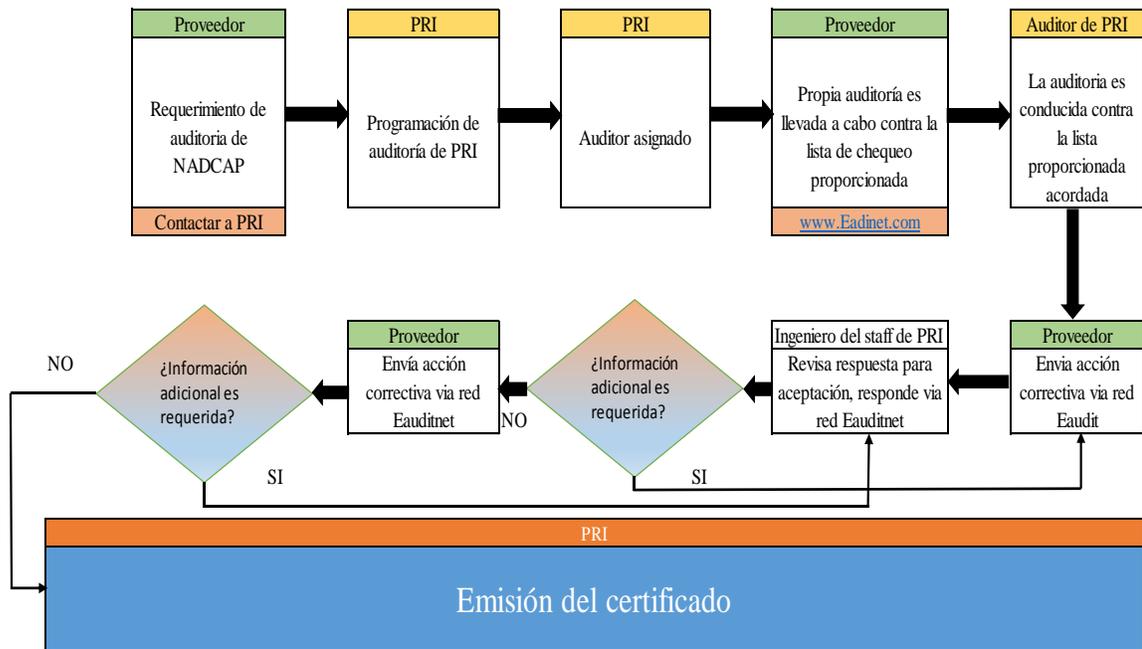
3.10 Procedimiento para obtener la certificación ante PRI/NADCAP:

El procedimiento que una empresa debe seguir para obtener la certificación PRI/NADCAP, se indican a continuación y se presentan en la figura 3.10:

- a) El procedimiento comienza con el cliente que es la empresa aeroespacial, quien inicia el proceso de certificación y solicita a la certificadora (NADCAP) que acepte certificar a una empresa que quiere ser su proveedor.
- b) Una vez estando notificada NADCAP el proveedor procede a contactar a PRI para programar una auditoría (se programa la fecha de visita).
- c) PRI asigna a un auditor.
- d) El proveedor proporciona una lista de chequeo que es solicitada por PRI, la cual es auditada en la dirección electrónica www.eauditnet.com
- e) La auditoría se revisa contra la información proporcionada por el proveedor.
- f) El proveedor envía la acción correctiva vía red Eaudinet.
- g) Un ingeniero del staff de PRI revisa las respuestas de la acción tomada para la aceptación y responde vía red Eaudinet.

- h) Si PRI requiere más información se va al punto f., en caso contrario se continúa al punto i.
- i) El proveedor envía nuevamente la acción correctiva vía Eaudinet.
- j) Si se requiere más información se regresa al punto f.
- k) Si no se requiere más información se envía el certificado que lo acredita como proveedor de la empresa aeroespacial solicitante.

Figura 3.10: Proceso de certificación PRI-NADCAP



Fuente: Fundamentos de AS9100, M.C. Ivonne Reyes de la Cruz, Tecnológico de Monterrey

Los siguientes procesos especiales, productos y/o servicios en la industria aeroespacial comercial y militar requieren de la acreditación NADCAP:

1. Sistema de Calidad Aeroespacial – basado en el estándar SAE AS9100 y la lista de verificación AC7004.
2. Procesos Químicos – basado en las listas de verificación AC7108, AC7108/1 y AC7108/2.
3. Recubrimientos – basado en la lista de verificación AC7109.
4. Compuestos – basado en la lista de verificación AC7118.
5. Selladores Elastoméricos – basado en la lista de verificación AC7115.

6. Electrónica – basado en las listas de verificación AC7119, AC7120 y AC7121.
7. Sujetadores – basado en la listas de verificación de la serie AC7113.
8. Distribución de Fluidos – basado en la listas de verificación de la serie AC7112 y AC7123.
9. Tratamiento Térmico – basado en la lista de verificación de la serie AC7102.
10. Laboratorio de Prueba de Materiales – basado en las listas de verificación AC7101, AC7101/1-9, AC7101/11 y AC7006.
11. Pruebas no destructivas – basado en la listas de verificación de la serie AC7114.
12. Maquinados no convencionales y realzadores superficiales (incluyendo “shot peening”, “peen forming”, “glass bead peening”) – basado en la listas de verificación de la series AC7116 y AC7117.
13. Selladores – basado en los estándares SAE AS7200/1, AS7201 y AC7202.
14. Soldadura – basado en la lista de verificación de la serie AC7110.
15. Maquinados Convencionales – basado en la lista de verificación de la serie AC7126.

Con respecto a la International Aerospace Quality Group (IAQG) su principal propósito es implementar iniciativas, que hagan cambios significativos en calidad y reducciones en costos, a través de la cadena de valor al establecer y mantener cooperaciones dinámicas, basadas en la confianza entre compañías aeroespaciales internacionales.

Varias compañías aeroespaciales americanas como GE Aircraft Engines, Lockheed Martin, McDonnell Douglas, Pratt & Whitney, Boeing, entre otras, fundaron GCAA (Grupo de Calidad Aeroespacial Americana) bajo el auspicio de la Sociedad Americana de Calidad (SAC), siguiendo el exitoso despliegue de QS9000 que tiene la industria automotriz, el GCCA inició el desarrollo de una serie de requisitos de calidad para complementar a la ISO 9000 para aeropartes.

El International Aerospace Quality Group (IAQG) al igual que NADCAP, establece normas internacionales a cumplir por los proveedores de aeropartes y dentro de sus objetivos se cuentan los siguientes:

- i) Establecer normas de calidad, requisitos, herramientas y técnicas comunes. Principalmente en sistemas de calidad básicos aeroespaciales, llevar a cabo buenas prácticas en la Industria Aeroespacial.
- ii) Establecer un proceso de mejora continua en los proveedores. Logrando llevar a cabo las expectativas de la industria y las tendencias de la fabricación.
- iii) Establecer métodos para compartir resultados, por medio de auditorías, inspecciones, evaluando la actitud del suministrador y desarrollo de una base de datos global.
- iv) Establecer planes de implantación que hagan útil la iniciativa.

La manufactura aeroespacial es uno de los sectores más regulados por las implicaciones del uso final de todos sus productos dentro del transporte aéreo, por lo que es de gran importancia para las empresas que deseen convertirse en proveedoras de partes y componentes para aeronaves, obtener la certificación internacional exigida por las empresas ensambladoras, lo que implica:

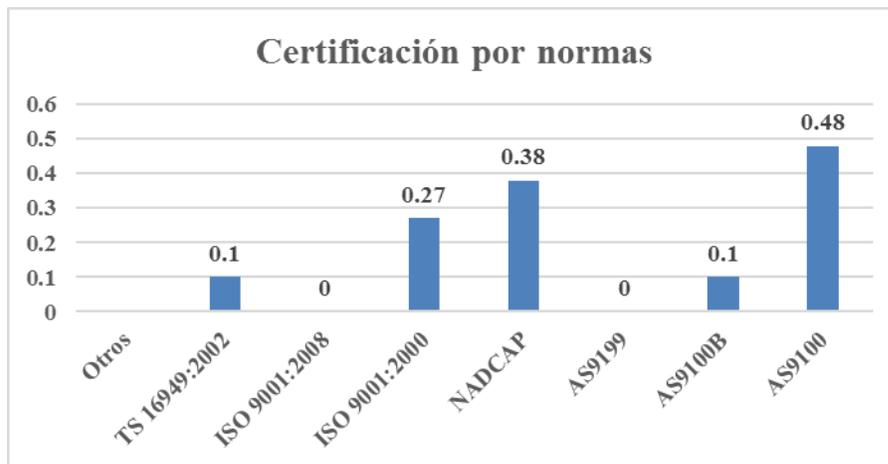
- Tiempo en el proceso de obtención
- Costo de obtención
- Inversión en el escalamiento tecnológico
- Costo de las auditorías periódicas de verificación
- Especialización de la mano de obra
- Inversión en estructura industrial
- Consideración del tiempo del retorno de inversión
- Desarrollar una cultura de procesos
- Contar con instrumentos especializados de verificación
- Contar con materiales aprobados por las empresas ensambladoras

3.11 Estado de certificación aeroespacial de empresas en México

La Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA) estima que cerca de la mitad de las empresas aeroespaciales en México cuentan con ISO-9001, mientras que poco menos que un tercio han obtenido los certificados AS9100 y NADCAP (National

Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program), el 45% de ellos en pruebas no destructivas y el 36% en tratamiento de calor (FEMIA, 2012), la figura 3.11 muestra la certificación por tipo de norma, resaltando la certificación por AS9100 (48%), seguida por NADCAP (38%) y la ISO 9001:2000 (27%), se observa que la norma AS9100 es la que mayor número de empresas cuenta, se debe a que las empresas ensambladoras permiten que una empresa al inicio de proveeduría puedan suministrar partes con esta certificación, para partes con funciones críticas exigen que el certificado NADCAP.

Figura 3.11: Porcentaje empresas certificadas por tipo de norma en México



Fuente: FEMIA, Pro-aéreo 2012–2020, Programa estratégico de la industria aeroespacial, Secretaría de Economía

En materia de certificación, México firmó desde 2007 el acuerdo BASA (Bilateral Aviation Safety Agreement) con Estados Unidos, que faculta a la Dirección General de Aeronáutica Civil en México (DGCA) para certificar cualquier producto o servicio de compañías produzcan partes para la industria aeroespacial.

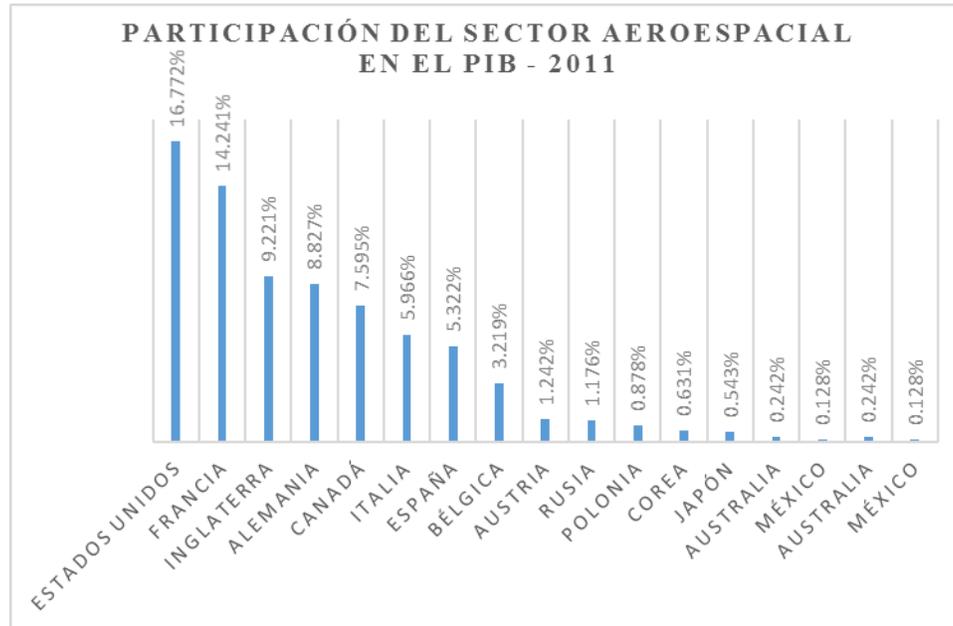
Capítulo 4. La Industria aeroespacial en México

4.1 Importancia

La industria aeroespacial en México ha experimentado un crecimiento acelerado en los últimos años debido a la llegada de inversión extranjera de las OEM en 16 estados de la República, a la cercanía con Estados Unidos y Canadá, y a la reducción de costos para productos cuya transportación y almacenamiento es costosa. México es uno de los principales actores de la industria aeroespacial, y ha recibido inversiones por \$3,183.7 millones de dólares en el periodo 1999 a 2014, que hace que la industria tenga superávit comercial (pwc, 2015). El total de ingresos del sector aeroespacial comercial y de defensa en México alcanzó ventas por 7.1 mil millones de dólares en 2013, que representa el 0.6% del valor total mundial, además tuvo una tasa de crecimiento del PIB de alrededor del 21%, cifra por arriba del crecimiento del PIB del país (MexicoNow, 2015) De acuerdo a la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA) las exportaciones del sector aeroespacial en 2012 alcanzaron un valor de 5,040 millones de dólares. La inversión extranjera y nacional en el sector llegó a 1,000 millones de dólares en 2010 y 3,000 millones en el periodo 2011-2013.

La figura 4.1 muestra la participación del sector aeroespacial en el PIB. Se observa que México tiene presencia mundial con un porcentaje del 0.12, mientras el país que mayor aportación tiene al PIB es Estados Unidos con un 16.77%.

Figura 4.1: Participación del sector aeroespacial en el PIB mundial.

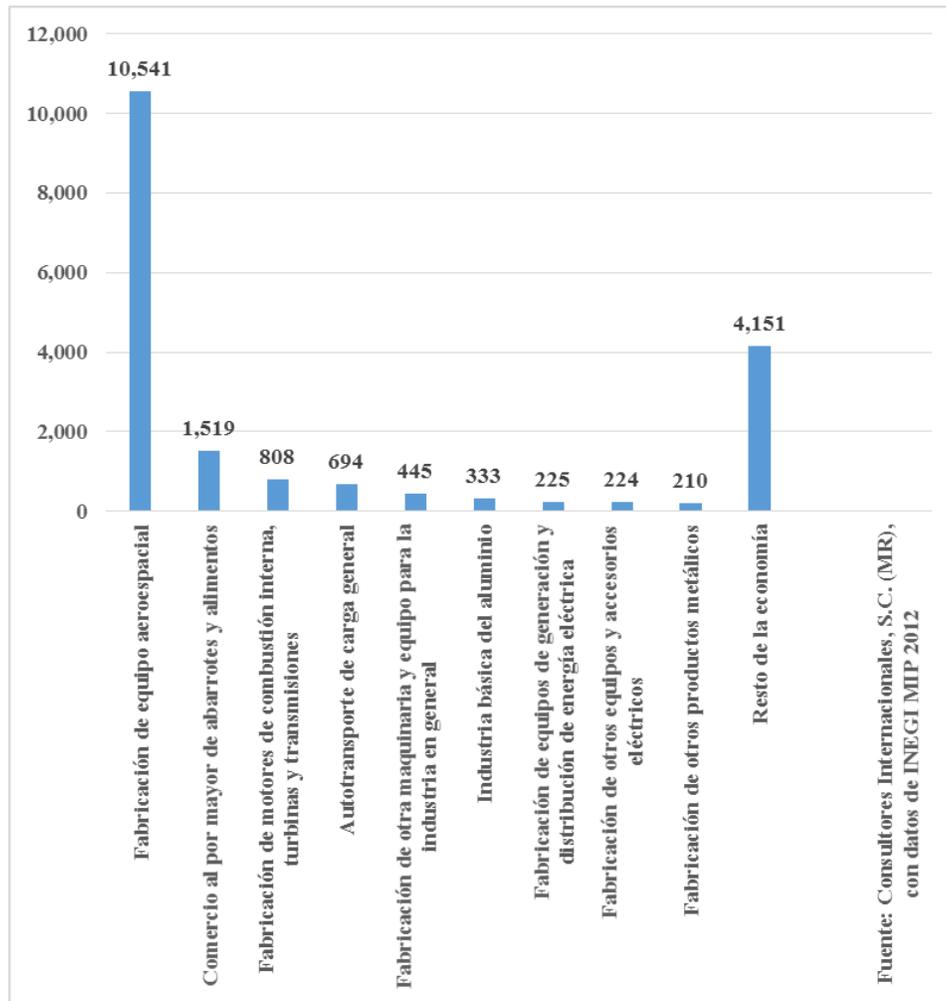


Fuente: Technology and Industry Indicators database, OECD, Paris, data extracted 16 May 2014¹⁵.

La industria de manufacturas aeroespaciales en México realiza compras de insumos a 147 ramas económicas de un total de 259. En total, el Consumo Intermedio (CI) de esta industria alcanzó fue del orden de 17,924 millones de pesos en el año 2012 (figura 4.2). La mayor parte del CI procede de la misma industria, es decir, existe una interacción económica (58.8% del total del CI) entre empresas de la misma rama económica. El resto de ramas económicas vinculadas son el comercio (8.5%), la fabricación de motores de combustión interna, turbinas y transmisiones (4.5%), autotransporte de carga general (3.9%), fabricación de maquinaria y equipo (2.5%) industria siderúrgica (2.2%), industria del aluminio (1.9%), principalmente. Es importante mencionar que del total de los insumos consumidos por la industria aeroespacial, únicamente 5% son de origen nacional y el resto provienen del extranjero (FEMIA, 2015).

¹⁵ <http://stats.oecd.org/>

Figura 4.2: Consumo Intermedio de la Industria de Manufacturas Aeroespaciales

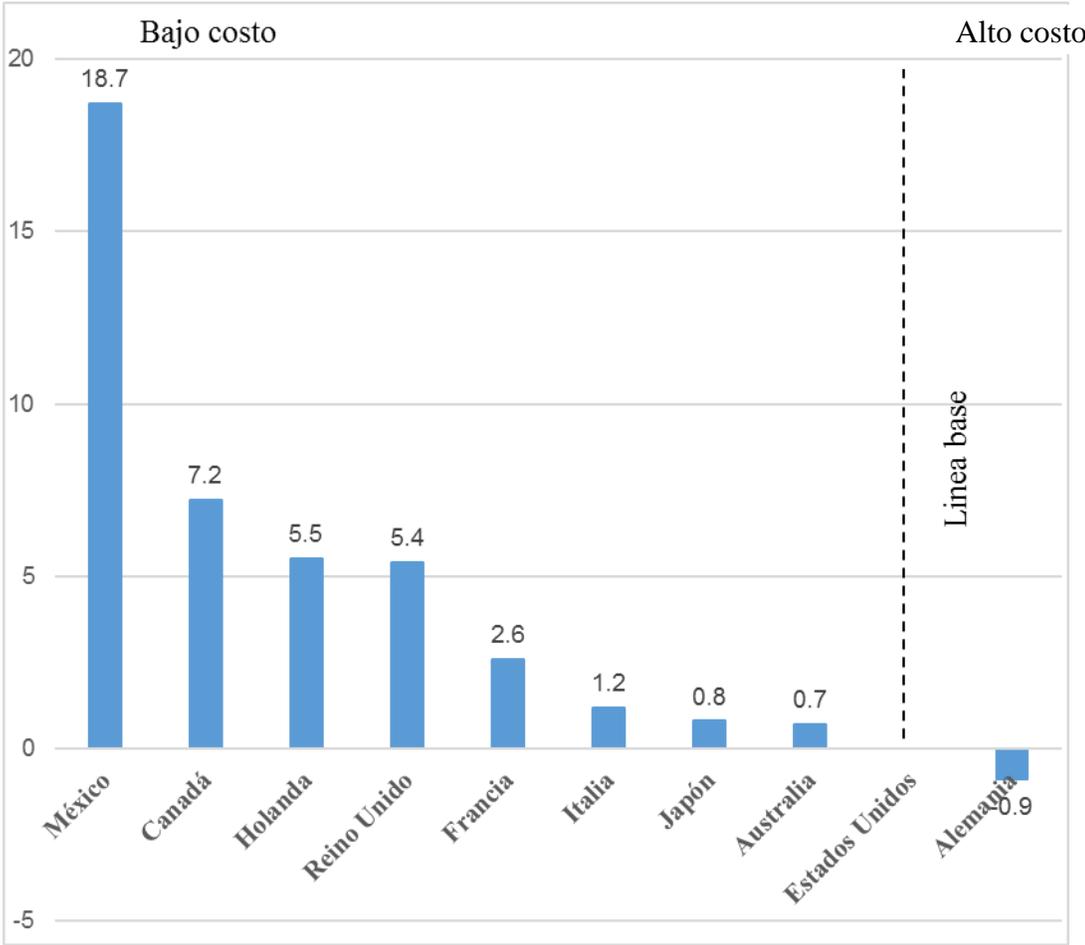


Fuente: Consultores Internacionales, S.C., 2012

El sector ha creado una plataforma industrial competitiva en el ámbito mundial, ubicándose como la tercera mejor economía de catorce analizadas en cuanto a atracción de inversiones, principalmente por los bajos costos laborales, de operación y transporte, una fuerza laboral con un nivel educativo y habilidades específicas, buena infraestructura de comunicaciones y un buen potencial de innovación, además en México éstos costos son 18.7% más bajos que en Estados Unidos. La figura 4.3 muestra los índices de costos de manufactura de la IAA (La Ingeniería en la Industria Aeroespacial, 2013). El sector aeroespacial se considera competitivo por contar con bajos costos de manufactura, 21%

más bajos que en Estados Unidos, 11% menores que en China y 3% por debajo de India (Partner, 2013).

Figura 4.3: Índice de costos de manufactura aeroespacial y aeronáutica (manufactura de partes de avión), Resultados internacionales (EUA=100%).



Fuente: Competitive Alternatives KPMG's, 2014

4.2 Localización y producción de empresas productoras de partes de avión

La industria aeroespacial en México se concentra principalmente en seis aglomeraciones en los estados de Baja California, Sonora, Querétaro, Chihuahua, Nuevo León y Jalisco en donde operan más de 120 compañías que concentran el mayor número de inversiones realizadas en el país. Estos estados principalmente se avocan a la manufactura

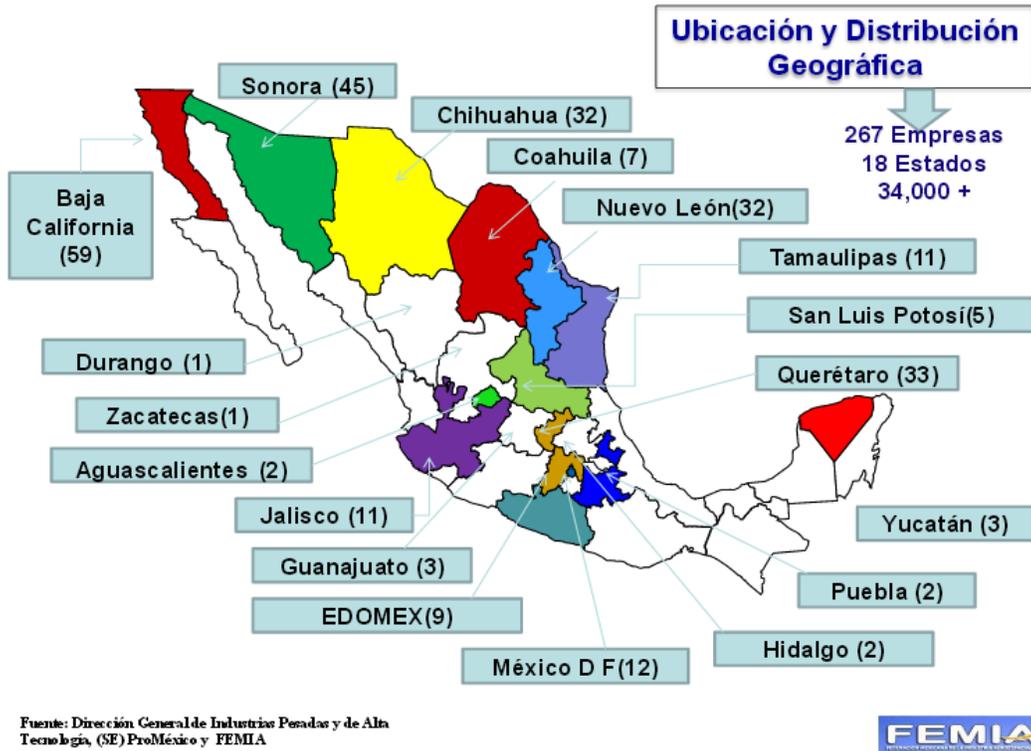
de turbina (anillos, álabes, aspas, barras de metal, coples, sellos de alta precisión, radiadores, bujes, compresores y aislantes de calor, entre otros); componentes electrónicos, maquinados y metales, además de arneses y productos para el interior de los aviones, de estas manufacturas, las de componentes son las que generan la mayor proporción de insumos de la industria (cerca del 24% del total) (Industria Aeronáutica en México, 2011).

La producción manufacturera de aeropartes se concentra principalmente en arneses y cables, componentes de motores, sistemas de aterrizaje, inyección y moldes de plástico, fuselajes, bujes, CPU, intercambiadores de calor y maquinados de precisión.

México ha pasado por dos etapas, en la primera se dedicó a la producción y ensamble de partes sencillas, en la segunda a la fabricación partes más complejas, como turbinas, fuselajes, maquinados de precisión, entre algunas. La proyección de México en esta industria para el año 2020 (FEMIA) es elaborar procesos propios de diseño, ingeniería y ensamble de aviones completos.

En el segundo cuatrimestre de 2013 solo 18 estados de la República Mexicana albergaron 267 plantas de la industria aeroespacial que dieron trabajo a 33,000 personas: Baja California; Sonora; Nuevo León y Querétaro, son los estados que concentraron el mayor número de empresas, en otras entidades el sector aeroespacial está en desarrollo, un ejemplo es Aguascalientes y Zacatecas.

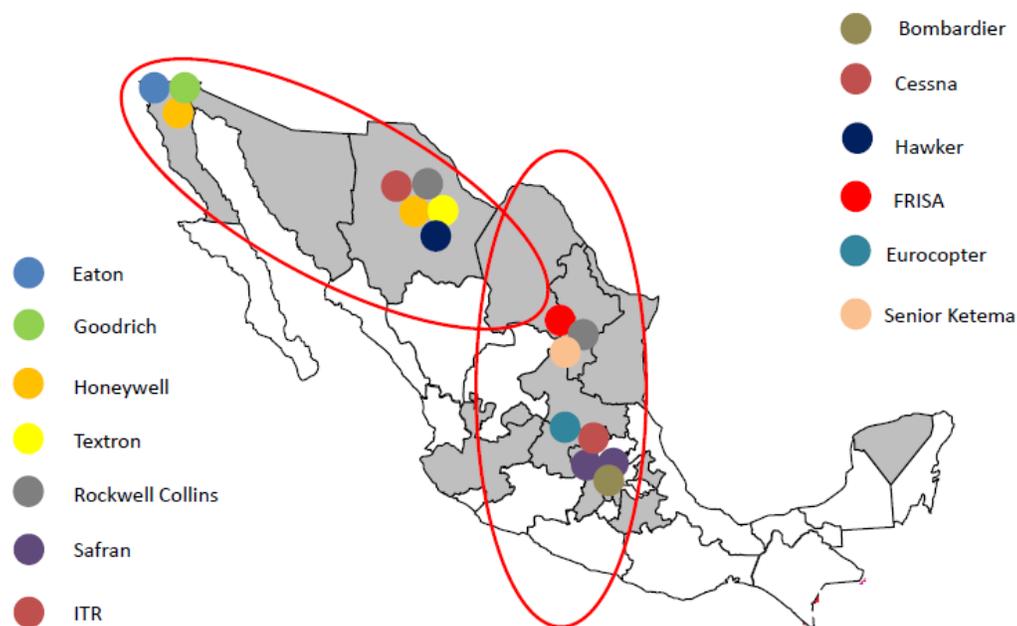
Figura 4.4: La Industria Aeroespacial en México



La agrupación de empresas de la industria aeroespacial en México se estableció tomando en cuenta capacidades logísticas y de innovación de empresas instaladas, la cercanía con Estados Unidos, la accesibilidad de infraestructura en comunicaciones (aérea, terrestre y marítima), por el suministro de energía, por su disponibilidad de parques industriales y por las Universidades e Institutos Tecnológicos (FEMIA, Proaereo 20120-2020, 2012).

La localización geográfica de las principales empresas del sector aeroespacial en México se concentra principalmente en los corredores centro, nororiente y noroccidente (figura 4.5).

Figura 4.5: Localización geográfica de las principales empresa aeroespaciales en México



Fuente: FEMIA

Las principales zonas industriales del sector aeroespacial en México por su grado de especialización se muestran en la tabla 4.1, se observa que la vocación de Querétaro está en la fabricación, ensamble, mantenimiento, motores y turbinas y la fabricación y ensamble de fuselajes, bujes y bridas.

Tabla 4.1: Principales zonas aeroespaciales en México

Principales zonas Industriales	Especialidad	Principales empresas
Baja California: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Mexicali ➤ Tecate ➤ Tijuana 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eléctrico– electrónico. ➤ Manufactura de partes. 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Honeywell destaca dentro de 53 empresas
Chihuahua: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Chihuahua 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Manufactura de partes ❖ Fuselajes, eléctrico – electrónico ❖ interiores, mecanizados 	La empresa Labinal, del grupo Safrán y la empresa Cessna destacan dentro de 35 empresas.
Querétaro: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Querétaro 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Fabricación de componentes de motor. ❖ Ensamble de 	Las empresas Bombardier, ITR México, Snecma y General Electric destacan dentro de 35

	componentes de avión. ❖ Mantenimiento, reparación y operación (MRO), motores y turbinas, fuselajes y materiales compuestos. ❖ Bujes y bridas.	empresas del sector.
Sonora: ❖ Hermosillo ❖ Guaymas ❖ Ciudad Obregón	❖ Manufactura de motores y turbinas. ❖ Fuselaje y materiales compuestos.	Las empresas Goodrich y Esco destacan dentro de 33 empresas.
Nuevo León ❖ Monterrey	❖ Forjas. ❖ Fabricación de componentes ❖ Maquinados	Las empresas Frisca Aerospace y M. D. Helicopters destacan dentro de 24 empresas.

Fuente: FEMIA, Pro-aéreo 2012 – 2020, Programa estratégico de la industria aeroespacial, Secretaría de Economía.

En 2014 México contó con 270 empresas aeroespaciales, 201 operan en cinco estados: Baja California (59) Sonora (45) Querétaro (33) Chihuahua, (32) y Nuevo León (32) (Aguilar Valenzuela, 2014). En 2015 ocupó la décimo quinta posición entre los países que tienen industria aeroespacial, la quinta como proveedor de la Unión Europea (UE), y la décima como proveedor de Estados Unidos.

En 2014 México aportó solamente 1% del valor agregado de la producción manufacturera de la industria aeroespacial correspondiente a \$6,366 millones de dólares. Los insumos utilizados en el sector provienen principalmente de los Estados Unidos y se estima que en 10 años el valor agregado podría escalar entre 5 y 15%, si se desarrolla la cadena de valor en áreas críticas, un ejemplo sería producir forjados no ferrosos o de tratamiento térmico (Morales, 2015).

La tabla 4.2 presenta empresas multinacionales establecidas en México, indicando el país de origen, ventas, principales productos manufacturados, y su localización geográfica (Morán Moguel C. A., 2013). Son 15 de Estados Unidos, 2 de Francia, una de Reino Unido, otra de Brasil, España y una última de los Países Bajos. EADS y Lockheed Martin son empresas que están muy enfocadas en producir aviones militares una es de los

Países bajos y la otra de Estados Unidos, las ventas representaron para la primera 22%, y para la segunda el 15% del total vendido (\$302 mmd).

Las 15 empresas de Estados Unidos vendieron en forma conjunta \$195 mmd, en la producción de partes para la industria militar y helicópteros, arneses, componentes de metal, paneles acústicos, propulsores, rotores, cables eléctricos accesorios, fuselajes, componentes para cabina, sistemas de audio y video, servicios de mantenimiento, reparación y operación, y materiales de interiores.

Las empresas que se ubican en Querétaro son pequeñas en comparación a las ventas que en 2011 tuvo EADS y Lockheed Martin, \$65 mmd y \$47 mmd respectivamente, las ventas de las empresas EMN ubicadas en el estado alcanzaron la cifra de \$33 mmd.

Tabla 4.2 Características de la industria aeroespacial en México

Empresa	País de origen	Ventas 2011 (miles de millones de dólares)	Actividad	Planta en México	Entidad
EADS	Países bajos	65.10	Produce componentes y equipos para la industria militar de sistemas satelitales	Eurocopter de México, S.A. de C.V. (Grupo EADS)	Distrito Federal
Lockheed Martin	Estados Unidos	46.50	Produce partes para ensamble de aviones militares y helicópteros en E.U.A.	Electro-Óptica Superior, S.A. de C.V.	Baja California
General Dynamics	Estados Unidos	32.70	Ames, componentes de metal, subsambles y partes de avión	Gulfstream-Interiores Aéreos, S.A. de C.V.	Baja California
United Technologies	Estados Unidos	26.90	Paneles acústicos	United Technologies Corporation (UTC-Hamilton Sundstrand)	Baja California
Raytheon	Estados Unidos	24.90	Mantenimiento, reparación y operación	Raytheon Aircraft Services México, S.A. de R.L. de C.V.	Estado de México
General Electric	Estados Unidos	18.90	Turbinas y ensambles aeroestructurales	General Electric Infrastructure Querétaro (CEIQ)	Querétaro
Safrán	Francia	13.90	Reparación de trenes de aterrizaje y partes de trenes	Querétaro	Querétaro
Honeywell International	Estados Unidos	11.50	Componentes de motores aeronáuticos: Propulsores / rotores, etc.	Honeywell Aerospace de México, S.A. de C.V. Honeywell MRT (Laboratorio), Honeywell Aerospace de México, S.A. de C.V. (Assembly plant)	Baja California, Nuevo León
BAE Systems	Reino Unido	8.92	Cable eléctrico Accesorios / Arnéses	BAE Systems Controls Inc. (Maquilas TETA Kaw, S.A. de C.V.)	Sonora
Bombardier	Canadá	8.59	Componentes estructurales y producción de fuselajes	Planta de Ingeniería de Pruebas (Laboratorio)	Querétaro
Textron	Estados Unidos	8.39	Fuselajes, propelas y rotores	Textron International Mexico (Bell Helicopters)	Chihuahua
Goodrich	Estados Unidos	8.08	Componentes aeroespaciales, trenes de aterrizaje, frenos, llantas y actuadores	Goodrich Aerospace de México, Campus Aeroespacial, Campus Aeroespacial Mexicali, Goodrich Planta Mexico (Goodrich Turbomachinery Products)	Baja California, Sonora
Embraer	Brasil	5.80	Componentes para cabina	Centro técnico operado por Transpaís Aéreo	Nuevo León
Rockwell Collins	Estados Unidos	4.81	Sistemas de audio y video	Ensambladores Electrónicos de México, S.A. de C.V. Rockwell Collins	Baja California
Zodiac	Francia	3.62	Toboganes, toboganes-balsa, tanques de gasolina, partes de trenes de aterrizaje, asientos y partes de instrumentos de la cabina de piloto.	Zodiac Aerospace (Group American Industries, S.A. de C.V.)	Chihuahua
Cobham	Estados Unidos	2.88	Sensores de protección, antenas, sopote de avionics, equipos de vigilancia, etc.	Cobham Aerospace (Remec México, S.A. de C.V.)	Baja California
ITT	Estados Unidos	2.57	Electrónica y servicios para defensa	Itt Cannon	Sonora
Hawker Beechcraft	Estados Unidos	2.44	Partes de metal laminado para alas, colas y fuselajes, cubiertas para tren de aterrizaje, instrumentos de navegación aérea, válvulas, sujetadores, interruptores y partes de asiento para aviones.	Hawker Beechcraft Corp. (Group American Industries, S.A. de C.V.)	Chihuahua
Meggitt	Estados Unidos	2.25	Productor de llantas y frenos para aeronaves comerciales y militares, ames y equipos eléctricos.	Entrada Group de México, S.A. de R.L. de C.V. (Meggitt Aircraft Braking Systems)	Querétaro, Zacatecas
Esterline	Estados Unidos	1.72	Manufactura de equipo eléctrico y electrónico: paneles componentes, equipo y sistemas de poder. Cables eléctricos, ames y piezas. Textiles.	Esterline Advanced Sensors México, D de R.L. de C.V. Leach International parte de Esterline Power Systems, Baja California	Querétaro
Aernova	España	0.63	Diseño y manufactura de componentes y estructuras aeroespaciales para las principales OEMs: ensamble de estructuras largas y subsambles; sheet metal, pequeños y medianos maquinados; tratamientos térmicos y componentes.	Aernova Aerospace México	Querétaro
Curtiss-Wright	Estados Unidos	0.62	Componentes del avión, actuadores para estabilizador vertical en los flaps y en las puertas de acceso.	Curtiss-Wright Controls Flight Systems - Mexico Curtiss-Wright Controls Integrates Sensing - Nogales	Querétaro, Sonora

Fuente: La ingeniería en la Industria Aeroespacial, Academia de Ingeniería de México, Enero 2013, AI México – Conacyt

4.3 Vocación Aeroespacial de México

La vocación aeroespacial de México se encuentra localizada principalmente en seis estados del país, con más de 302 empresas que cuentan con especialización en procesos aeroespaciales y mano de obra calificada. La creciente actividad del sector aeroespacial se explica por las siguientes tres razones (Secretaría de Economía, 2011):

1. Localización geográfica, estar cerca del mercado más importante, lo que actualmente implica reducir costos de producción principalmente de las compañías que realizan operaciones en Europa.
2. La experiencia y nivel de competitividad alcanzado en otros sectores como el automotriz y electrónico, que permite contar con una base de personal y empresas que pueden orientarse al sector aeronáutico.
3. Diversos tratados de libre comercio que permiten el acceso en condiciones preferenciales a mercados internacionales.

La tabla 4.3 muestra la vocación y estrategias que cada estado mexicano tiene como participante en la industria aeroespacial, su especialización y estrategia indica que las vocaciones estatales tienden a incrementar su proveeduría con empresas OEM's establecidas en México, y tienen como objetivo incrementar ventas internacionales por medio de la exportación a otras EMN mundiales:

Tabla 4.3: Vocación y estrategias por estado en la industria aeroespacial

Estado	Vocación	Estrategias
Baja California	Capacidades con potencial para el desarrollo de sistemas de fuselaje y plantas de poder, y ser importante proveedor de manufactura con las cadenas de valor integradas.	Convertirse en un polo de competitividad internacional por medio de atracción de inversión extranjera directa, sustitución de importaciones y por el desarrollo de proveedores locales.
Chihuahua	Manufactura de maquinados de precisión.	A partir de 2016 convertirse en un polo de manufactura de partes de avión muy competitivo, y el más importante de Latinoamérica.

Sonora	Su vocación se enfoca en el desarrollo de la cadena de valor por medio de la colocación de productos y por medio de la innovación en la fabricación de turbinas , cuenta además con capacidad de manufactura de motores de avión y de turbinas de gas.	En el corto plazo ser líder mundial en la manufactura de turbinas, con acciones que permitan tener costos competitivos en la cadena de valor.
Querétaro	Su vocación está en su gran potencial de especialización en diseño de turbinas y mantenimiento , reparación y operaciones (MRO), y concentrarse en la manufactura y ensamble de partes complejas de fuselaje e ingeniería en el diseño de turbinas.	Basándose en su gran potencial aeroespacial, atraer más inversiones en el corto plazo, y concretar por lo menos cuatro nuevos proyectos con montos de 100 a 150 millones de dólares y generar 1,600 empleos, en empresas como Bombardier, Safrán, Aernnova.
Nuevo León	Su vocación está en aprovechar capacidades productivas de los sectores metalmeccánico y de soporte para manufacturar partes de avión.	Especializarse en partes de avión de su industria metalmeccánica con certificación internacional.
Jalisco	La vocación de este Estado se enfoca principalmente en la especialización en sistemas aviónica.	Desarrollar sistemas aplicados utilizando la nanotecnología que se apliquen en aviones de largo alcance.

Fuente: Elaboración propia con datos de ProMéxico

La tabla 4.4 muestra los principales productos manufacturados, los servicios y las actividades de diseño en México. Con respecto a las necesidades que se tienen para armar un avión la producción es incipiente. En México se diseñan sistemas de control para verificación de tolerancia, simuladores de vuelo y software para procesar datos y control de producción y de verificación de herramientas.

Tabla 4.4 Principales productos aeroespaciales manufacturados en México

Manufactura y ensamble	Servicios de mantenimiento reparación y operación (MRO)	Actividades de ingeniería y diseño
Componentes de ingeniería	Turbinas y motores	Dinámica aeroespacial
Arneses y cables	Sistemas unitarios de poder (APU)	Sistemas de control
Componentes de sistemas de aterrizaje	Fuselajes	Dinámicas de proveeduría computacional (CFD)
Inyección y moldes de plástico	Sistemas eléctricos - electrónicos	Instrumentación
Intercambiadores de calor	Sistemas de aterrizaje	Simulación de vuelos
Maquinados de precisión	Componentes dinámicos	Técnicas de pruebas no destructivas (NDT)
Sistemas de audio y video	Hélices	Instrumentación virtual
Aislamiento en fuselajes	Cubrimientos, corrosión y protección	Procesamiento de datos e imágenes
Producción y control de software	Arreglo y rediseño de interiores	Sistemas de información de negocios especializados

Fuente: Competitividad e Innovación México - Unión Europea, Procei

La concentración de procesos de la industria aeroespacial mexicana se muestra en la Tabla 4.5, que indica que el 79% de los procesos se presenta en manufactura y ensamble de componentes, el 11% en mantenimiento, reparación y revisión (MRO) y el 10% en diseño e ingeniería (I & D) (Kelly, 2015).

Tabla 4.5: Concentración de procesos de la industria aeroespacial mexicana

Actividades llevadas a cabo por las empresas

Manufactura	MRO	I & D
Fabricación y ensamble de componentes y partes de aeronaves	Mantenimiento, reparación y revisión	Diseño e ingeniería
79%	11%	10%
• Arneses y cables	• Turbinas y motores	• Dinámica aeroespacial
• Componentes de motores	• Fuselajes	• Sistemas de control
• Sistemas de aterrizaje	• Sistemas eléctrico electrónico	• Simulación de vuelos
• Inyección y moldes de plástico	• Hélices	• Técnicas de pruebas no

		destructivas
• Fuselajes	• Componentes dinámicos	• Procesamiento de datos e imágenes
• Composturas	• Cubrimientos, corrosión y protección	• Diseño de equipo
• Intercambiadores de calor	• Arreglo y rediseño de interiores	• Sistemas embebidos
• Maquinado de precisión	• Sistemas unitarios de poder (APU)	

Fuente: Kelly, 2016

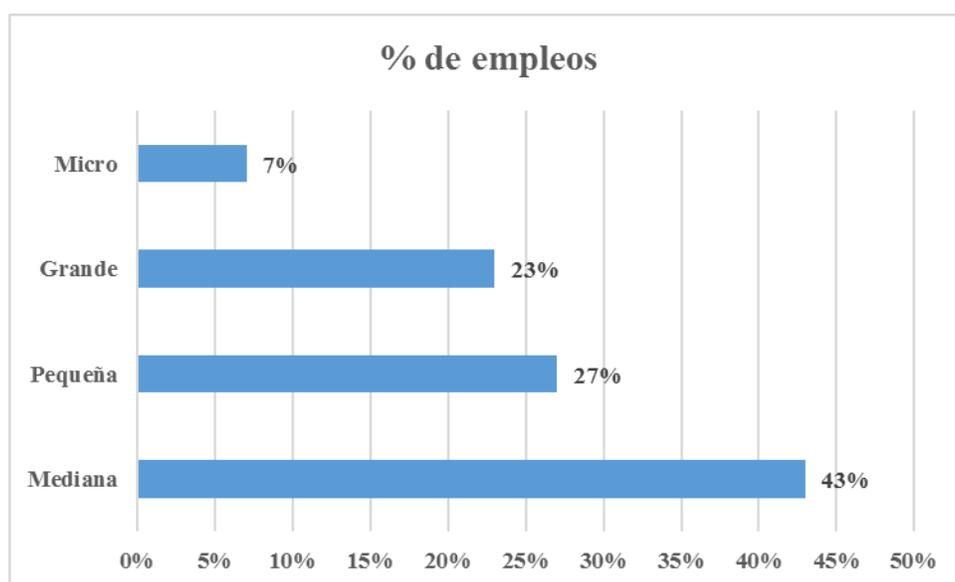
En 2013 México fue el principal receptor de proyectos de inversión en manufactura aeroespacial en el mundo, y es el sexto país en recepción de proyectos de investigación y desarrollo en manufactura, diseño y pruebas de alta tecnología en el sector (S. E., Industria Aeroespacial en México, 2012), la tabla 4.4 muestra la competitividad en productos fabricados para la industria terminal de ensamble, también se observa que Querétaro tiene una gran oportunidad para producir arneses eléctricos, estructuras de fuselaje, bujes, colas y estabilizadores, esto es posible por la experiencia en el manejo de maquinados especializados, mano de obra calificada, y costos bajos de manufactura (Industria Aeronáutica en México, 2011).

La empresa KPMG Internacional a través de una encuesta encontró que mantener un modelo de negocio aeroespacial competitivo, es el mayor reto que tienen el 38% de los directivos en 2016 y 2017, mientras que para los mismos años el 53% de los ejecutivos consideran a las ventas como su principal prioridad, considerando también la reducción de las estructuras de costos en un 47% y el aumento de flujo de efectivo de las operaciones y los controles de riesgo en 28%. Asimismo, la encuesta arrojó que las empresas están adoptando modelo de negocios centrados en la colaboración con sus proveedores y clientes, y que la proveeduría aeroespacial es una de las industrias con un futuro promisorio, bajo este marco México se encuentra con la oportunidad de desarrollar un modelo de negocio más agresivo (Tovar, 2015).

Por otro lado, la industria aeroespacial y aeronáutica se puede estratificar por tamaño de empresa (figura 4.6), es decir, en 2012 el porcentaje de micro empresas que

participaron en el sector fue de 7%, las pequeñas empresas que también dieron soporte al sector fue de 27%, las medianas con 43% y las grandes con el 23%. El 70% de los empleos generados se concentró en empresas pequeñas y medianas, mientras que el 23% es ocupado por las empresas grandes y sólo 7% se encuentra en micro empresas (Secretaría de Economía, 2011).

Figura 4.6: Estratificación aeroespacial y aeronáutica por % de empleos en México.



Fuente: Industria Aeronáutica en México, Secretaría de Economía, Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología, marzo 2012.

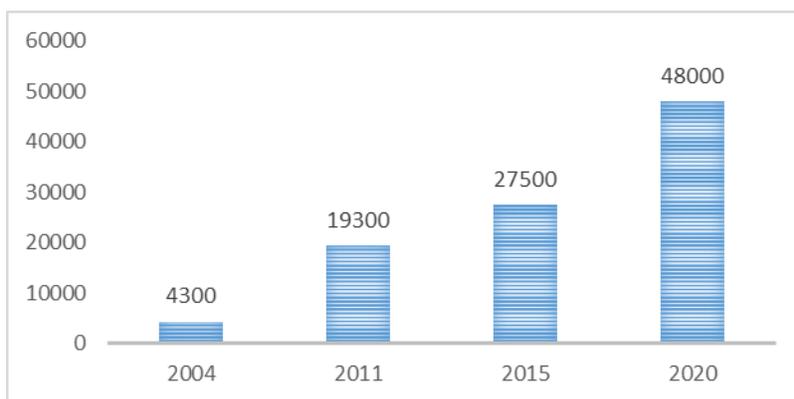
4.4 Inversión de la industria aeroespacial en México

De acuerdo al análisis mundial de la empresa AeroStrategy (figura 4.4) sobre la industria aeroespacial, México se ubica en el octavo lugar en el mundo en cuanto a la atracción de inversión extranjera. Esta llega principalmente a actividades de mantenimiento, supervisión y reparación de aeronaves, en donde el país enfrenta una intensa competencia con Alemania, Malasia y Reino Unido (Pro-Aéreo 2012-2020, 2012).

La figura 4.7 muestra la IED acumulada de \$27,500 millones de dólares en 2015 y se prevé que incrementará 57% para el año 2020. Cabe mencionar que la devaluación que

el peso mexicano sufre desde 2015 ha favorecido a esta industria, en mano de obra y exportaciones de partes de avión.

Figura 4.7: Inversión Extranjera Directa acumulada en la industria aeroespacial en México



Fuente: Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA)

La inversión extranjera directa (IED) en México de 1999 a 2014 fue de \$3,183.7 millones de dólares, que representa el 0.8% del flujo total de la IED a nuestro país. Estados Unidos fue el principal inversionista del sector, invirtió \$816.8 millones de dólares en 52 empresas, le siguió Canadá con \$791.3 millones de dólares en 6 empresas (pwc, 2015) (figura 4.7). Los principales estados receptores de IED en el sector aeroespacial en 2015 fueron: Querétaro con el 34.6%, Baja California con el 16.9% y Tamaulipas con el 13.6% (S. E. IED aeroespacial, 2015).

Figura 4.7: Países que invierten en el sector aeroespacial en México (2009-2014)

Posición	País	IED (miles dólares)	% de participación	Número de compañías
1	Estados Unidos	816.8	41.50%	52
2	Canadá	791.3	40.20%	6
3	España	105.5	5.40%	14
4	Luxemburgo	85.4	4.30%	3
5	Francia	84.7	4.30%	7
	Total	1883.7	95.70%	82

Fuente: PWC, 2014

La mayor inversión realizada en el sector aeroespacial durante el primer trimestre de 2015, proviene de Estados Unidos por un monto de 835 millones de dólares, a través de 52 empresas, por su parte Canadá ocupa el segundo lugar en inversiones hacia México con 791.3 millones de dólares de seis empresas, y el tercer lugar fue España con 105.5 millones de dólares provenientes de 14 empresas (UNAQ, 2015). El 47% de la inversión extranjera directa lo absorbe el sector aeroespacial en Querétaro (Gobenceaux, 2014).

Las inversiones con mayor importancia realizadas por empresas extranjeras en Querétaro son:

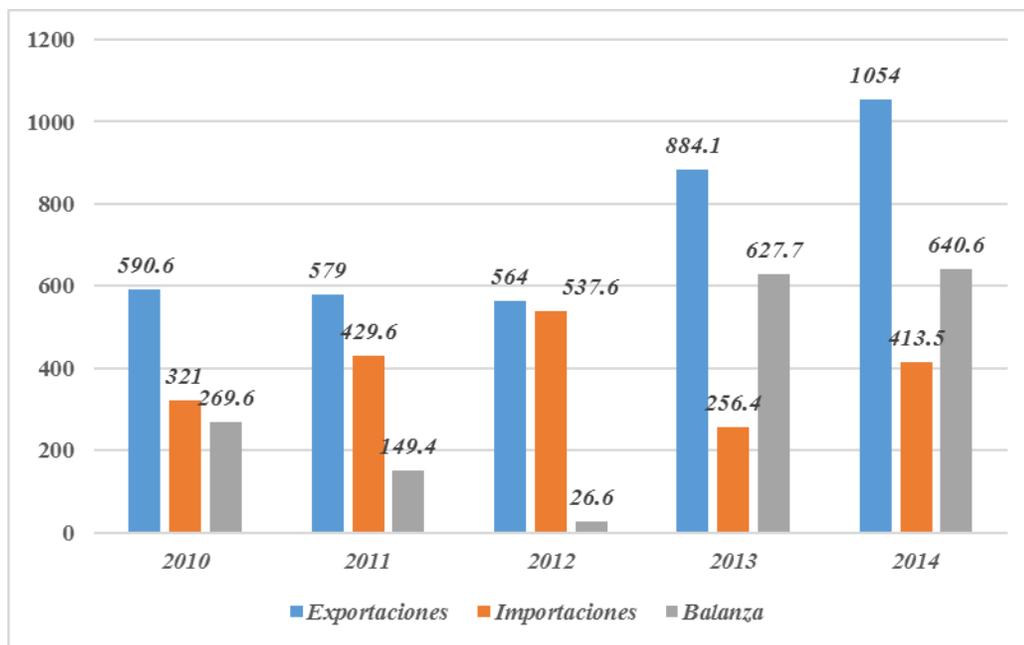
- A.E.PETSCHE - Fabrica Cables y alambres, conectores y accesorios, así como interruptores y sensores.
- Bombardier: Fabricación de aviones y sus partes.
- Learjet 85: Fabrica jets de negocios para uso civil y militar.
- Messier-Dowty: Fabricación de trenes de aterrizaje.
- Snecma - Fabricación de componentes para el tren de aterrizaje de Airbus A320 y A330 y aviones de pasajeros Boeing 737.

4.5 Balanza Comercial del sector aeroespacial en México

La balanza comercial de la industria aeroespacial en México ha sido superavitaria entre 2010 y 2014 (figura 4.8. Las exportaciones han ido aumentando a una tasa porcentual promedio de 14% mientras que las importaciones han crecido con una tasa menor.

Figura 4.8: Balanza comercial de México en el periodo 2010-2014

Millones de dólares

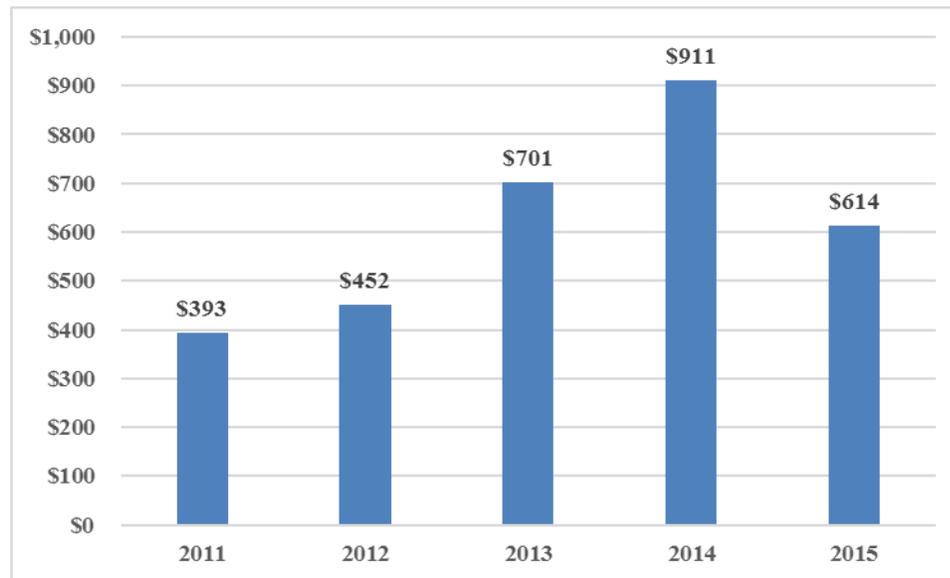


Fuente: INEGI, 2014

Las exportaciones mexicanas de 2008 a 2012 se dirigieron principalmente a los mercados de Estados Unidos (81%), Francia (2.8%), Alemania (2.8%), Canadá (2.6%) e Inglaterra (2.6%) (Medina Ramírez, 2009).

La figura 4.9 muestra las exportaciones de México a Estados Unidos de aeropartes en el periodo 2011-2015, se observa que el comportamiento es ascendente hasta 2014 con una caída de 32% en 2015, baja que se debe a que el sector energético tuvo una caída en 2015 de 3.8 mmd, mientras el comercio de bienes manufacturados, y el de la industria automotriz crecieron, compensando en gran parte la caída del sector energético (UN Comtrade, 2016) (fracción 88.03.30.00).

Figura 4.9: Valor de las exportaciones de aeropartes de México a Estados Unidos 2011- 2015 mdd (SA 88033000)



Fuente: Elaboración propia con datos de UN Comtrade

De acuerdo a Pro-Aéreo 2012 la meta para 2020 en materia de exportaciones es de \$12,260 millones de dólares en productos aeroespaciales o sea 50% de incremento en cinco años. En la tabla 4.6 se muestran los nueve principales países que importan y exportan aeropartes en el mundo. Se observa que únicamente cuatro países tienen balanza comercial positiva uno de ellos es México y los otros tres son: Alemania, Inglaterra y Singapur. A pesar de que indiquen que México ocupa el octavo lugar mundial si comparamos sus importaciones con las de Estados Unidos, estas son 144 veces más pequeñas y con respecto a sus exportaciones únicamente son 5.6 veces más pequeñas. Esta diferencia se puede explicar porque la mayoría de las empresas ubicadas en México son estadounidenses.

Tabla 4.6: Exportación e importación de aeropartes de principales países del sector aeroespacial en 2014 (SA 88.03.30.00)

<i>País</i>	<i>Importación (md)</i>	<i>Exportación (md)</i>	<i>Balanza comercial (md)</i>
Estados Unidos	17,269,860	5,819,781	-11,450,079
Francia	16,581,144	7,820,730	-8,760,414
Alemania	8,742,644	9,674,791	932,147
Inglaterra	5,746,450	13,340,219	7,593,769
Singapur	4,597,999	5,571,336	973,337

Canadá	4,454,301	3,669,998	-784,303
China	2,338,437	1,527,012	-811,425
Brasil	1,341,498	596,705	-744,793
México	122,596	1,023,949	901,353

Fuente: UN COMTRADE junio 2016

En la tabla 4.7 se observan los países que importan aeropartes registradas en la fracción arancelaria 83.03 partes de avión son: Estados Unidos, Francia y Alemania son responsables de 48.93% de las importaciones. Estados Unidos incrementó 16% el valor de sus importaciones entre 2010 y 2014, mientras que China muestra gran dinamismo al aumentar en 12% en el periodo, a pesar de que vende 2,338 md aporta únicamente 2.6% al total. México tiene presencia en el mercado mundial, al participar con el 0.14% del total, teniendo la ventaja de la cercanía al mercado de aeropartes que es Estados Unidos, al tener una distancia promedio de 2,349 km.

Las EMN consideran importante la distancia que tienen con sus proveedores, porque les permite contar con costos logísticos bajos, como es el caso de México con Estados Unidos, lugar en donde se encuentran plantas ensambladoras de Airbus, Bombardier, Boeing y Embraer (ITC - Comtrade, 2014).

El país que más aeropartes importó en el mundo en 2014, fue Estados Unidos que compró partes por 17 mdd, con una balanza comercial negativa de 11 mdd con un crecimiento anual de 2010 a 2014 de 16%. La distancia promedio de sus proveedores a las plantas de ensamble fue de 7,583 Km por lo que México tiene una ventaja competitiva al tener una distancia promedio de 2,349 km. El segundo país con mayor importación de aeropartes del mundo fue Francia con un valor de 16 mdd, una balanza comercial negativa de 8 mdd, y un crecimiento anual de importaciones de 8% en el mismo periodo. El país que más exportó fue Inglaterra con una participación del 16.58%. Canadá presentó mayor dinamismo al aumentar en 12% en el periodo 2010 – 2014, a pesar de que solo exportó el 0.45%. México también presentó gran dinamismo al alcanzar el 26% con una participación en exportaciones del 1.3% (tabla 4.7). De acuerdo con la tabla 4.6 La importaciones de partes para avión crecieron 10% entre 2010 y 2014: los únicos países que crecieron por arriba del promedio fueron Estados Unidos (16%) y China (12%). México creció dos

puntos porcentuales por abajo del promedio al igual que Francia. México es el país que mayor crecimiento tuvo en valor de las exportaciones entre 2013 y 2014.

En la tabla 4.8 se observa que el país que más exportaciones tuvo de la fracción arancelaria 88.03 aeropartes fue Inglaterra. El crecimiento del valor anual entre 2010 y 2014 fue de 13% en promedio para el mundo en tanto que México fue el país que más creció (26%) seguido por Brasil (14%) y Canadá (12%). Brasil ha crecido poco en sus importaciones, mucho más en sus exportaciones pero la distancia de sus proveedores es de las más grandes.

Tabla: 4.7: Importación de partes de avión de principales países del sector aeroespacial en 2014

Fracción arancelaria 83.03 Partes de avión

País	Valor importado (md)	Balanza comercial (md)	Cantidad importada	Crecimiento del valor anual entre 2010 - 2014 (%)	Crecimiento en cantidad entre 2010 -2014 (%)	Crecimiento en valor 2013 - 2014 (%)	Distancia promedio desde los países proveedores
Mundial	87,042,809	-6,609,737	0	10	15	16	5,909
Estados Unidos	17,269,860	-11,450,079	49,123	16	11	15	7,583
Francia	16,581,144	-8,760,414	55,360	8	10	5	3,103
Alemania	8,742,644	932,147	33,098	3	3	10	1,705
Inglaterra	5,746,450	7,593,769	33,098	n/d	n/d	n/d	4,527
Singapur	4,597,999	973,337	n/d	5	n/d	-13	12,437
Canadá	4,454,301	-784,303	n/d	9	n/d	5	4,055
China	2,338,437	-811,425	4,283	12	9	13	8,957
Brasil	1,341,498	-744,793	3,072	2	3	1	9,169
México	122,596	901,353	n/d	8	n/d	39	2,349

Fuente: UN Comtrade 2014

**Tabla: 4.8: Exportación de partes de avión de principales países del sector
aeroespacial en 2014**

Fracción arancelaria 83.03

País	Valor exportación (md)	Balanza comercial (md)	Exportaciones	Crecimiento en valor entre 2010 - 2014 (%)	Crecimiento en cantidad entre 2010 - 2014 (%)	Crecimiento en valor 2013 - 2014 (%)	Distancia promedio de importación desde los países exportadores (km)
Mundial	80,433,072	-6,609,737	0	13	9	25	5,177
Inglaterra	13,340,219	7,593,769	35,035	n/d	n/d	n/d	3,208
Alemania	9,674,791	932,147	27,219	6	14	7	1,979
Francia	7,820,730	-8,760,414	19,735	9	15	1	4,288
Estados Unidos	5,819,781	-11,450,079	9,105	3	11	3	10,136
Singapur	5,571,336	973,337	n/d	7	n/d	-11	7,141
Canadá	3,669,998	-784,303	n/d	12	n/d	12	2,991
China	1,527,012	-811,425	5,020	11	3	13	7,833
México	1,023,949	901,353	n/d	26	n/d	23	2,318
Brasil	596,705	-744,793	757	14	9	15	8,449

Fuente: UN Comtrade 2014

4.6 Aeropartes con potencial de producción por la industria de autopartes

Se considera que las áreas en las que la industria puede integrarse al sector aeroespacial, son aquellas que por su similitud en tecnología pueden suplir las necesidades de partes maquinadas, plásticos, textiles para los asientos de avión, entre algunos, las industrias que se consideran con potencial son las pertenecientes la Industria Nacional de Autopartes. *Las empresas del sector de autopartes con interés de producir partes de avión tienen que considerar que el volumen de producción es bajo, pero con mayor generación de utilidades*, tomando en cuenta también que la producción de partes puede cubrir la demanda internacional.

De acuerdo a los resultados de encuestas aplicadas a empresas del sector aeroespacial por la Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología (DGIPAT), en México se tienen identificados procesos de manufactura en los que se considera que las empresas de autopartes tienen potencial de manufactura en partes de avión (Industria Aeronáutica en México, 2011), como lo son algunas *partes de turbinas*: anillos, álabes, sellos de alta precisión, aspas para turbinas, aros metálicos, barras de metal, coples, corazas, cubiertas (sistemas de propulsión), ductos y protectores aislantes de calor; *procesos de maquinado y de metales*: partes de alta precisión, piezas de fundición, procesos de anodizado, placas y láminas de diferentes aleaciones, productos aislantes, cobijas para fuselaje recubrimientos de componentes aeroespaciales, procesos térmicos y protectores aislantes para turbinas; *arneses*: para turbinas, aviones y helicópteros, y *proveeduría de interiores de aviones*: Asientos, cerraduras, sujetadores para compartimientos, tornillos y pernos.

4.7 Análisis FODA del sector aeroespacial

La Secretaría de Economía por medio del análisis de planeación estratégica realizado a empresas del sector aeroespacial, y con la participación de FEMIA, ProMéxico y representantes de diversas empresas del sector, integró un diagnóstico FODA, que permitió establecer los principales factores internos y externos que inciden de manera positiva o negativa sobre el sector aeroespacial en México, estos factores sirven de base

para delinear las estrategias contenidas en el Programa Nacional Estratégico de la Industria Aeroespacial (Pro-Aéreo, 2012).

La tabla 4.9 indica las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene México en su participación en el sector aeroespacial, en lo referente a las fortalezas se tiene la ventaja de la cercanía al mercado con mayor potencial de compra de partes de avión, esperando que en 2020 adquiriera aviones de tamaño pequeño construidos en nuestro país, otra fortaleza es contar con salida a los dos océanos (logística) que permite acceder a mercados de Europa y Asia

Tabla 4.9: Análisis FODA del sector aeroespacial en México

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Cercanía al mercado más grande del mundo (USA) • Acceso a los océanos Atlántico y Pacífico 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadena de suministro débil y baja integración de proveeduría nacional • Falta de capital humano con experiencia en tecnología aeroespacial y a nivel gerencial (formación especializada)
<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo de los centros de tecnología a la industria aeroespacial 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de certificaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad de las empresas ensambladoras de que se respeta la propiedad intelectual de sus productos, procesos y materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de mejorar la organización y efectividad en planes de gobierno – industria – academia
<ul style="list-style-type: none"> • Una base empresarial comprometida en la proveeduría aeroespacial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja incorporación de tecnología a procesos de manufactura
<ul style="list-style-type: none"> • Ventajas de costos 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de reglas y continuidad para la obtención de recursos que promuevan el desarrollo tecnológico
<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura tecnológica inadecuada 	
Oportunidades	Amenaza
<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazo de flota aérea y compras de SEDENA y SEMAR 	<ul style="list-style-type: none"> • Competencia internacional
<ul style="list-style-type: none"> • Demografía 	<ul style="list-style-type: none"> • Inclusión de países con potencial de diseño, procesos y mano de obra, caso China y Rusia.
<ul style="list-style-type: none"> • Gasto miliar en Estados Unidos motivará a buscar opciones que combinen bajo costo, seguridad y buena posición geopolítica 	

Fuente: (Pro-Aéreo, 2012)

El contar con la mano de obra especializada de bajo costo es un atractivo para las empresas del sector aeroespacial en su establecimiento en México, además de contar con la seguridad en el respeto a la propiedad intelectual (IMPI), y con una base de empresas con costos competitivos de fabricación (Morán Moguel & Mayo Hernández, Enero 2013).

México por tener políticas y organismos gubernamentales de apoyo al sector aeroespacial, tiene oportunidad de continuar con la recepción de inversión en la fabricación de aviones, y contar con empresas del sector de autopartes que se encadenen al sector.

Otra oportunidad es poder participar en las compras de partes de avión que realicen en México las Secretarías de la Defensa Nacional (SEDENA) y Marina (SEMAR), y en el exterior a empresas productoras de aviones y aeropartes, como lo serían China y Rusia.

Una de las debilidades que se presenta en la proveeduría de aeropartes, es contar con una cadena de suministros débil y con poca participación de sectores relacionados con el aeroespacial, como lo sería el sector de autopartes. De la misma manera la obtención de certificación es un obstáculo que tienen empresas medianas y pequeñas por su costo.

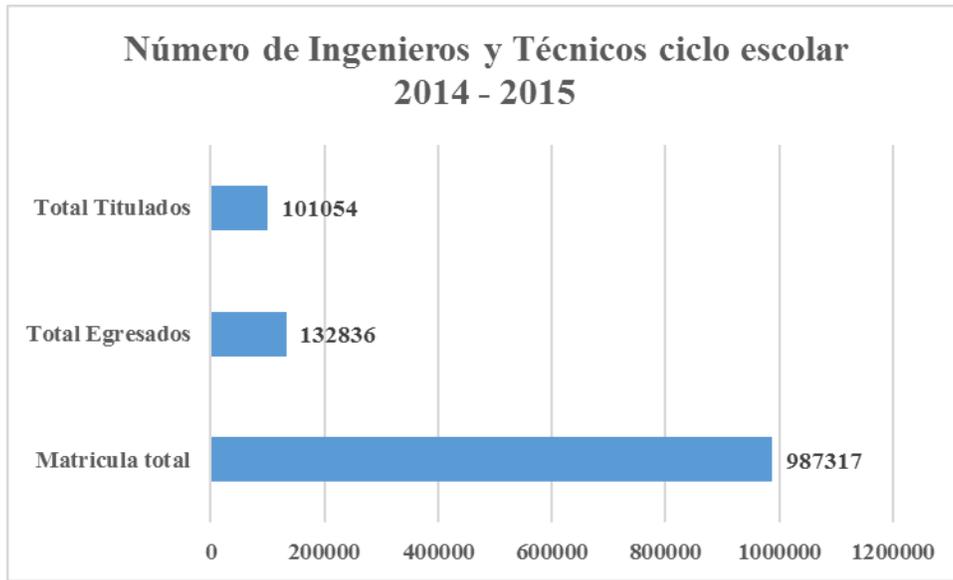
La amenaza que tiene el proveedor del sector aeroespacial, es principalmente (como con los demás sectores) la competencia internacional.

4.8 Perfil profesional capacitado en México

En México en ciclo escolar 2014 – 2015 de 987,317¹⁶ estudiantes matriculados en técnico superior aeroespacial e ingeniería, solo egresaron 132,836 estudiantes, recibiendo el título solamente 101,054 (ANUIES, 2013) (figura 4.10).

¹⁶ Esta cifra incluye a técnicos e ingenieros de la industria aeroespacial.

Figura 4.10: Licenciatura en Ingeniería y técnico superior



Como parte del esfuerzo por formar capital humano en el país, la FEMIA diseñó un programa de capacitación (básica, intermedia y avanzada) en siete áreas: maquinado, aero-estructuras, procesos-especiales, electro-soldadura, MRO, diseño, materiales y compuestos.

Las instituciones de educación superior juegan un papel clave en el impulso de la industria aeronáutica nacional y su objetivo es crear profesionales capaces de desarrollar y ejecutar procesos cada vez más sofisticados y de mayor valor agregado. La disponibilidad de mano de obra calificada, es uno de los rubros que los inversionistas nacionales e internacionales consideran al evaluar la viabilidad de abrir operaciones en determinados países o regiones (Fumec & Comecyl, 2009). Por otro lado, la capacitación se ha convertido en un área crítica en el sector y están interesados en que el personal tenga los conocimientos teóricos, técnicos y administrativos que le permitan desempeñar eficientemente su trabajo. La formación de recursos humanos contribuye, en última instancia, a garantizar la plena seguridad de los usuarios, a reducir problemas por desperfectos y contar con mayor control en los procesos de manufactura de ensambles y operación de equipos.

México cuenta con instituciones de educación media superior como el Conalep, que ofrece programas de mantenimiento de motores y planeadores, en planteles ubicados en la

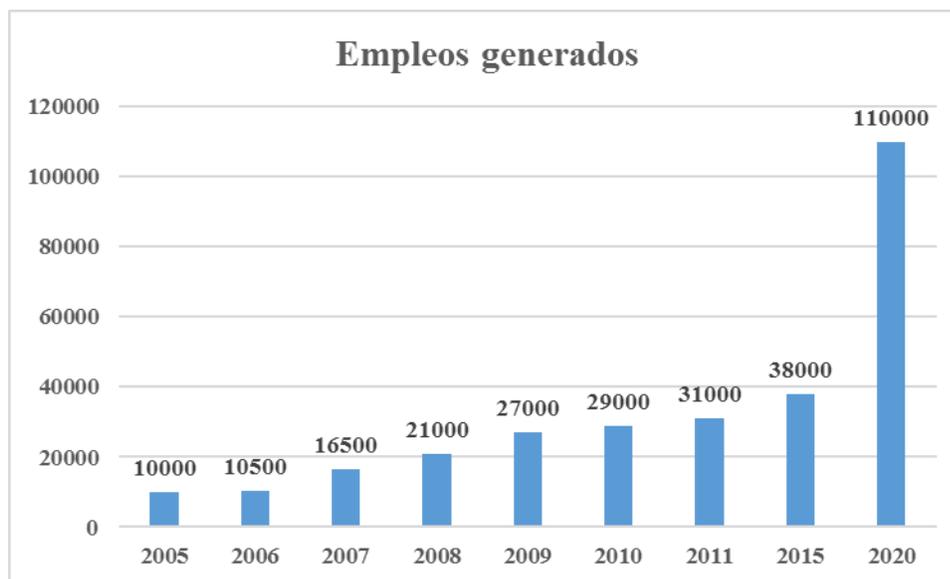
Ciudad de México y Querétaro (Conalep-Querétaro, 2014). Asimismo, se tienen otras instituciones con programas especializados en tecnología aeroespacial, la Universidad Nacional Aeroespacial en Querétaro (UNAQ), que ofrece preparación en Ingeniería Aeronáutica, Técnico Básico en Ensamblados Eléctricos, Técnico Superior en Aviónica y Técnico Básico en Ensamblados Estructurales. El Instituto Politécnico Nacional (IPN) prepara recursos humanos en Ingeniería Aeronáutica en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Unidad Ticomán.

4.9 Generación de empleos en el sector aeroespacial en México

En México la industria aeroespacial en 2014 generó 45,000 empleos directos y se espera que para 2020 sean 110,000 (El Economista, 2015) (figura 4.11) de los cuales el 30% serán ingenieros egresados de las universidades con especialidad en aeroespacio, el restante 70% son ingenieros egresados con otras especialidades, aunado a esto se espera tener 50% de integración nacional en producción. La proyección de empleo especializado para la industria aeroespacial en el 2020 es estimada en 110,000 personas, por lo que será necesario contar con más personal calificado que cubra la demanda y las instituciones educativas del sector deberán considerar un incremento en sus estructuras educativas y desarrollar nuevos planes de estudio en los tres niveles de capacitación: básico, técnico superior y de licenciatura, sin olvidar el posgrado.

Deloitte indica que México ya gradúa a 130,000 ingenieros por año en todas las áreas, y que el porcentaje de éstos estudiantes se gradúan en ciencias, ingeniería y tecnología, que es mayor a los graduados en los Estados Unidos (Deloitte, 2015).

Figura 4.11: La industria aeroespacial en México empleos generados de 2005 a 2020.



Fuente: Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA-SE)

4.10 Los Centros de Investigación en México

México en 2016 cuenta con 12 centros de investigación y desarrollo en aeronáutica, ubicados en la Ciudad de México (2), Querétaro (4), Chihuahua (2), Nuevo León (2), Jalisco (1) y Sonora (1), que apoyan a la industria aeroespacial, la distribución nacional de estos centros se muestra en la figura 4.12.

Tabla 4.12: Número de centros de investigación aeronáutica

Ciudad de México	2
Querétaro	4
Chihuahua	2
Nuevo León	2
Jalisco	1
Sonora	1

Fuente: Secretaría de Economía, 2016

En Querétaro para dar soporte técnico a las IAA en 2016 se creó una red de investigación y desarrollo conformada por:

- 1.- Laboratorio de Pruebas y Tecnologías Aeronáuticas (LABTA)

- 2.- Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (Cidesi)
- 3.- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (Cideteq)
- 4.- Centro de Tecnología Avanzada (Ciateq).

Para 2017 Querétaro tendrá el nuevo Centro Nacional de Tecnologías Aeronáuticas, en donde se realizarán actividades de investigación y se ofrecerán servicios especializados, como pruebas no destructivas de partes y componentes.

En Chihuahua se tienen 2 centros de investigación: el Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. y el Centro de Entrenamiento en Alta Tecnología

Nuevo León cuenta con 2 centros de investigación: el Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIA) en donde se investigará e innovará a la industria aeronáutica, además se cuenta con el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), cuya función es apoyar al desarrollo de los sectores aeroespacial, automotriz, autopartes, energía y petroquímica, entre otros.

Hermosillo tiene el Centro de Regional de Investigación Tecnológica e Innovación, con el fin de diseñar sistemas aeronáuticos, fabricación de turbinas y aeroestructuras/proveeduría en manufactura avanzada.

La Ciudad de México se cuenta con un centro de investigación aeroespacial en la Universidad Nacional Autónoma de México, con objeto de desarrollar investigación del sector, formar y promocionar a profesionales mexicanos del ramo. Asimismo, se cuenta con el Centro de Desarrollo Aeroespacial del Instituto Politécnico Nacional (IPN), cuya función principal se encuentra en la docencia, desarrollo tecnológico y extensión aeroespacial.

Capítulo 5. La Industria aeroespacial y de autopartes en Querétaro

5.1 Importancia

Querétaro es uno de los estados que cuenta con la producción de partes de avión con alto grado de especialización, algunas de sus empresas realizan ensambles complejos de motor y cuentan con capacidad de procesos de tratamientos térmicos, materiales compósitos, fuselajes, bujes y software especializado, entre algunos. En el estado se encuentran establecidas empresas multinacionales como Aernnova, General Electric Aeronáutica, ITR, Meggit, Safrán, Messier Services, Snecma América, R.E. Peische Co. y KUO.

En 2015 Querétaro contó con 27 empresas de mantenimiento y reparación, 5 centros de diseño e ingeniería, y tres centros de innovación y desarrollo, contando con el único laboratorio de pruebas en América Latina, que está integrado por tres centros de investigación y con la única universidad a nivel nacional (UNAQ) estructurada para la capacitación en aeroespacio, creada en un principio para proporcionar mano de obra especializada a Bombardier, actualmente cuenta con la primera oficina a nivel nacional, para certificación de procesos de manufactura de la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Otro aspecto importante en Querétaro es la generación de 8,000 empleos de los 44,000 que tuvo el país en la industria aeroespacial en 2015, y que representa el 18.18% de los empleos del sector aeroespacial (Querétaro, 2015).

En cuanto a capacitación el estado ha estado creciendo en forma constante en la titulación de personal en los niveles básicos, intermedios, profesional y posgrado, egresando 8,500 Ingenieros y técnicos durante 2009-2016 (Z-Saltillo, 2016), cantidad que representa el 19% de personal empleado por la industria aeroespacial en este periodo. En 2015 egresaron de la UNAQ 92 Técnicos Superiores Universitarios, 56 Ingenieros aeronáuticos en manufactura y en el nivel de posgrado – 151 egresados – que cumplen con la expectativa de las empresas ensambladoras, quienes están en contacto estrecho con la universidad para indicar sus necesidades, las cuáles son puestas en los programas de estudio aeroespacial. El estado cuenta con otras instituciones que dan apoyo en la capacitación especializada para la industria aeroespacial, como la Universidad Autónoma de Querétaro

(UAQ), el Centro Avanzado en Tecnología de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, entre algunos.

5.2 Empresas productoras de partes de avión

La Secretaría de Economía en 2016 indica que Querétaro cuenta con más de 30 empresas del sector aeroespacial, las cuáles reportaron 693 mdd, dentro de los principales productos exportados se encuentran en partes de avión para subensambles, turborreactores superiores a 25 kN¹⁷, trenes de aterrizaje y sus partes, y productos destinados a la reparación o mantenimiento de aviones o aeropartes (Modern Machine Shop, 2016).

Las empresas aeroespaciales que producen aeropartes en Querétaro (ProMexico, 2016) se encuentran distribuidas en los diferentes parques industriales del estado (figura 5.1), contando con A.E. Co. (Grupo American Industries, S.A. de C.V.), Aernnova Aerospace México, S.A. de C.V., Aernnova Componentes México, S.A. de C.V., Crío, S.A. de C.V., Dishon Limited, Ellison Surface Technologies, Especialistas en Turbopartes, S.A. de C.V., Eurocopter de México, S.A. de C.V. (Grupo Eads), Héroux-Deveck México, Hyrsa American Steel Crowners, Alaxia Aerospace, S.A. de C.V., Mecanizados Alta Calidad, S.A. de C.V., Meggitt Aircraft Braiding Systems Querétaro, S. de R.L. de C.V., Messier Services Americas, S.A. de C.V., Outsourcing Engineering Services, S.A. de C.V., Qet Tech Aerospace, S.A. de C.V., Snecma México, S.A. de C.V. (Grupo Safrán), Southwest United Galnik, S.A. de C.V., Tecnum Service, S.A. de C.V. y Thyssenkrupp Group Aerospace, estas empresas manufacturan distintas partes de avión.

Las empresas que producen en particular partes de avión e investigación y desarrollo son Axon cables e Interconexiones, Bombardier Aerospace México, S.A. de C.V., ElimcoPretell Aerospace, ITP Ingeniería y Fabricación, S.A. de C.V. (antes ITR) y Navair de México, S. de R.L. de C.V.

La empresa GEIQ (General Electric Infraestructure Querétaro) antes (CIAT-GE Centro de Ingeniería Avanzada en Turbomáquinas, S. de R.L. de C.V. de General Electric) se dedica solamente a la Investigación y Desarrollo.

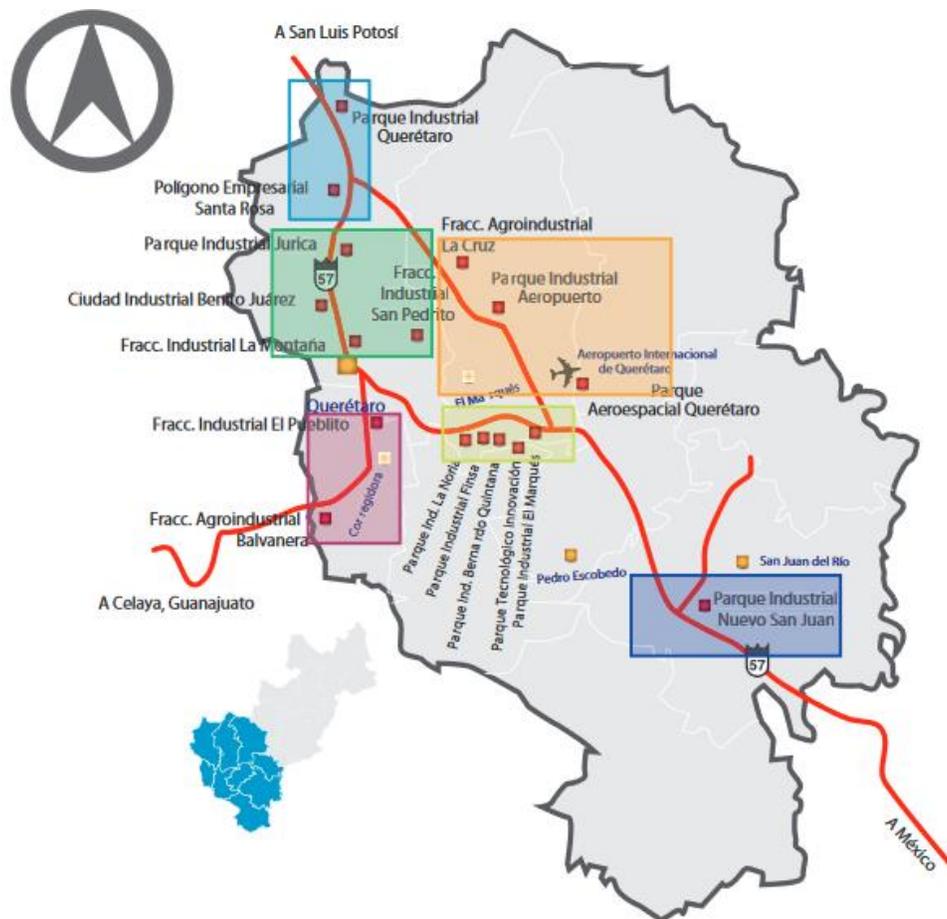
¹⁷ Kilo Newton

La empresa Industria de Tuberías Aeronáuticas, S.A. de C.V. en Querétaro se dedica al mantenimiento, reparación y operación (MRO).

Las empresas que producen y proporcionan MRO son ITP Ingeniería y Fabricación, S.A. de C.V., Messier Services Americas, S.A. de C.V. y Snecma México, S.A. de C.V. (Grupo Safrán).

Industria de Turborreactores, S.A. de C.V. produce partes de avión, MRO e Investigación y Desarrollo (antes ITR).

Figura 5.1: Parques Industriales del estado de Querétaro



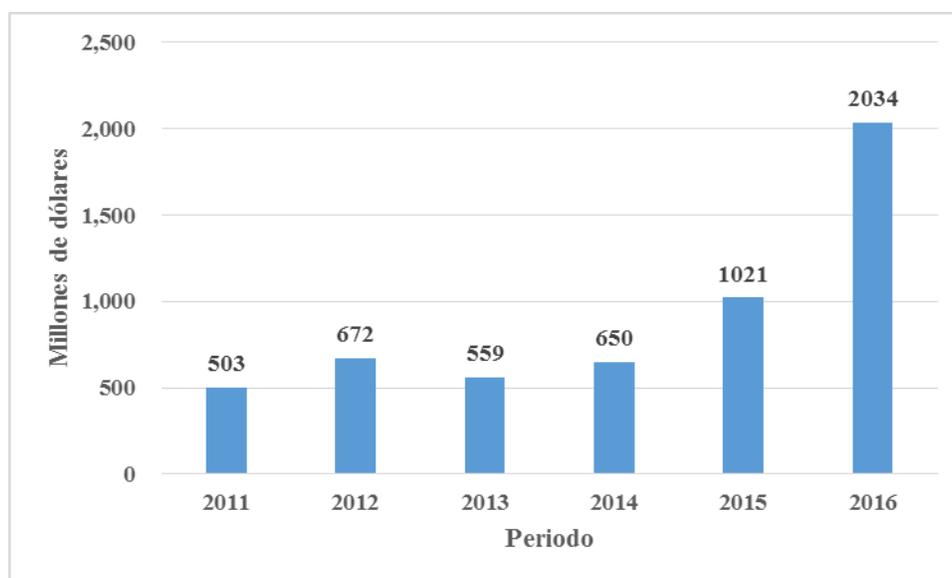
Fuente: TINSA, https://www.tinsamexico.mx/Pdf/WP2012/INDUSTRIAL/WP_Industrial_Queretaro.pdf

5.3 Inversión aeroespacial

Querétaro en 2015 recibió 45% de la Inversión Extranjera Directa (IED) del sector aeroespacial a nivel nacional (El Economista, 2016), aproximadamente 103.7 mdd (figura 5.2), ocupando en 2015 el 9° lugar en recepción de inversión (Secretaría de Economía, 2016).

En 2011 el estado ocupó el 5° lugar a nivel nacional en recepción de IED, en 2012 el 4°, en 2013 el 8°, en 2014 el 3°, en 2015 el 5° y en 2016 (3er. Trimestre) el 3°, de acuerdo con datos proporcionados por el Gobierno de Aguascalientes en 2016.

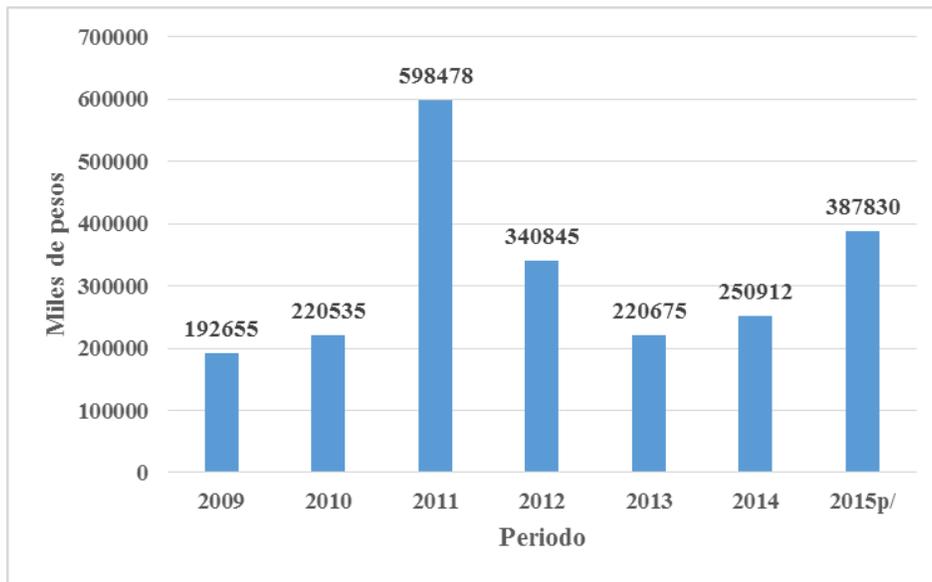
Figura 5.2: Flujo de inversión extranjera directa en Querétaro 2011-2016



Fuente: Datos proporcionados por el Gobierno de Aguascalientes

La fabricación de equipo aeroespacial en Querétaro tuvo en 2011 la mayor inversión por un monto de 598 mdp, la caída de IED en el estado de 2011 a 2012 representó el 43%, teniendo otra caída del 35% en 2013, sin embargo en 2014 tuvo un repunte del 13% y creció en 54% para el 2015. Para el primer trimestre de 2016 la inversión extranjera directa de Estados Unidos a Querétaro fue de \$5,840 millones de pesos (292 mdd) (figura 5.3).

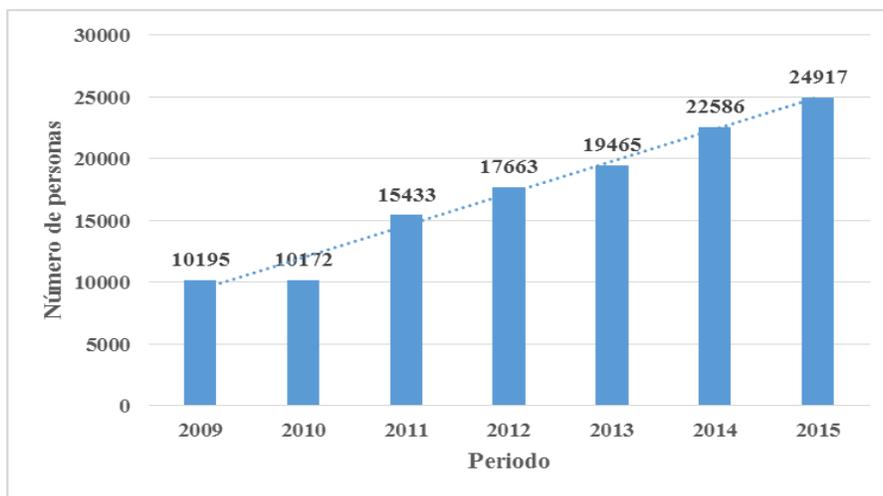
Figura 5.3: Inversión extranjera directa en Querétaro en la fabricación de equipo aeroespacial



Fuente: INEGI, 2016.

El número de personas ocupadas en la fabricación de equipo aeroespacial se muestra en la figura 5.4, en donde se observa la tendencia de crecimiento ascendente nacional.

Figura 5.4: Personal ocupado en la fabricación de equipo aeroespacial en Querétaro

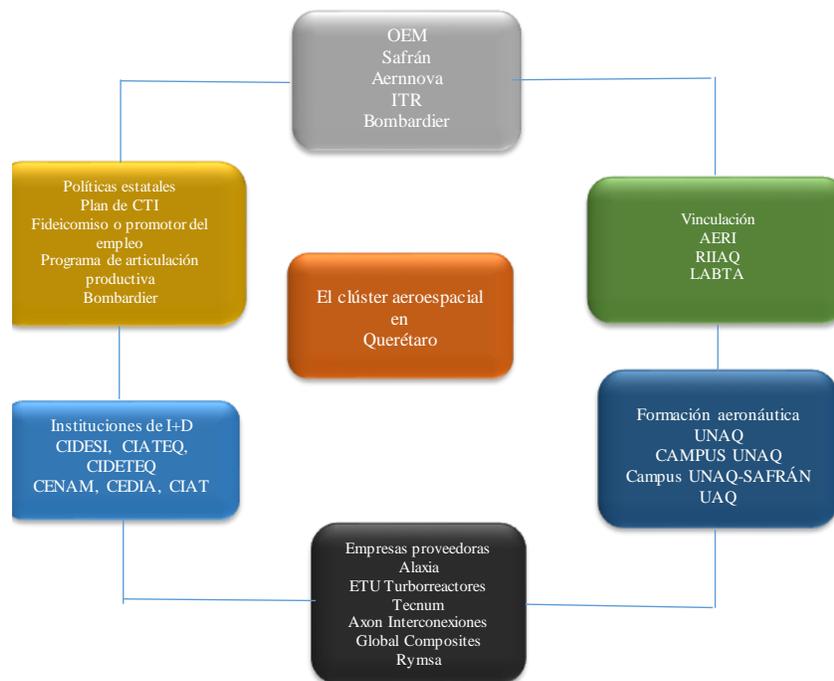


Fuente: Inegi, 2016

5.4 La estructura del sector aeroespacial

La estructura de la aglomeración de acuerdo con Casalet (2013) se presenta en la figura 5.5, en donde se observa el entorno que incluye las políticas estatales, el plan general de Ciencias y Tecnología de información, fideicomisos promotores de empleo, programas de articulación productiva y las principales empresas productoras de equipo original, como Safrán, Aernnova, ITR y Bombardier, además de vincularse con centros de investigación y desarrollo como lo es la Red de Investigación e Innovación Aeroespacial en Querétaro RIIAQ, Asociación de Ejecutivos de Relaciones Industriales (AERI) y el Laboratorio de Pruebas y Tecnologías Aeronáuticas (LABTA). La misma tabla muestra la relación educativa con las principales instituciones de educación como la Universidad Autónoma de Querétaro (UNAQ) y el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA). Cuenta además con Instituciones de investigación y desarrollo entre las que se encuentra el Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), el Centro de Tecnología Avanzada (CIATEQ), el Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo (CIDETEC), el Centro Nacional de Metrología (CENAM), el Centro de Diseño e Innovación Aeronáutica (CEDIA) y el Centro de Ingeniería Avanzada en Turbomáquinas de General Electric (CIAT).

Figura 5.5: Estructura del sector aeroespacial en Querétaro.



Fuente: La industria aeroespacial - Casalet

5.5 Principales empresas multinacionales en Querétaro

Querétaro cuenta con un aeroclúster integrado por el aeropuerto internacional (AIQ), la Universidad Aeronáutica y dos parques industriales especializados en aeronáutica, el Parque Aeroespacial Querétaro, y el parque Aerotech Park (Eurocopter) (Site, 2013) (Querétaro A. , 2014). El aeroclúster se formó en 2007 y tiene por objetivos impulsar y promover la formación de recursos humanos, promover proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, contacto con organismos estatales, nacionales e internacionales, fomentar a las empresas del ramo a certificar sus productos y procesos ante organismos nacionales e internacionales, implantar sistemas de operación de calidad, y promover el desarrollo de proveedores e impulsar la integración de la industria aeroespacial en México. Las ventajas del aeroclúster son promocionar sus servicios y capacidades internacionalmente, participar en proyectos que apoya el gobierno federal y estatal, apoyar la integración de la cadena de valor de proveedores, facilitar y vincular con entidades certificadoras internacionales, y apoyar en la gestión de recursos humanos (tabla 5.1).

Tabla 5.1 Principales empresas multinacionales en Querétaro

Empresa	Producto	No. de empleados
ITP Ingeniería y Fabricación, S. A. de C. V.	Ingeniería y fabricación de componentes aeronáuticos como sellos, carcasas, tubos y otros componentes mecanizados para motores TRENT, GTF, PW, HTF 7000 y BR 700 y al mantenimiento y reparación de motores aeronáuticos (JT8).	502
Aernnova Componentes México, S. A. de C. V.	Partes de fuselaje para la Industria Aeronáutica	201
Aernnova Aerospace México, S. A. de C. V.	Estructuras de aeronaves, sistemas y equipos - Alerones	2000
Especialista en Turbopartes - División aeronáutica, S. A. de C. V.	Refacciones y partes para la industria aeroespacial	12
Messier-Dowty México, S. A. de C. V.	Fabricación de equipo aeroespacial	ND
Serra Soldadura de México, S. A. de C. V.	Fabricación de partes aeroespaciales	ND
Bombardier Aerospace México, S. A. de C. V.	Cola para el avión Global 7000 y 8000, arneses eléctricos, estructuras como las colas para las aeronaves, partes de componentes de controles de vuelo, puertas de algunos modelos de avión y tienen un programa de materiales compuestos.	240
Airbus Helicopters México Querétaro, S. A. de C.V.	Ensamblajes y subensamblajes	51
Curtiss-Wright Controls de México, S. A. de C.V.	Componentes del avión en cuestión de actuadores para el estabilizador vertical en los <i>flaps</i> y en las puertas de acceso	ND
Meggitt Aircraft Braking Systems Querétaro, S. de R.L de C.V.	Fabricación de equipo aeroespacial	ND
Snecma México, S. A. de C.V.	Producción de piezas para motores CFM56	600

Fuente: Hoover's data base, 2014

5.6 Personal profesional capacitado

La tecnología en Querétaro es preponderante porque marca el nuevo ritmo de la productividad, de manera que si el nuevo modelo de producción no cuenta con la capacidad suficiente para el escalamiento productivo, y con la introducción de innovaciones en la organización en los procesos de trabajo, tiene la posibilidad de quedar rezagado en su competitividad comercial, por lo que la capacitación del personal en el área aeroespacial es un eslabón a considerar por su importancia en los procesos productivos.

El principal actor en la capacitación de mano de obra en Querétaro, es la UNAQ, institución responsable de proporcionar personal especializado para fabricación de partes de avión, que ofrece tres niveles de capacitación:

- *Nivel básico* que prepara personal en aproximadamente tres meses, y que es capaz de realizar operaciones específicas (como por ejemplo operaciones de remachado en alas de avión).
- *Nivel medio avanzado*, preparado aproximadamente en dos años, ejecuta operaciones de manufactura de procesos de partes especializados o en operaciones

de ensamble de partes, pueden trabajar como técnicos superiores universitarios en aviónica, técnicos superiores universitarios en manufactura y como técnico superior universitario en mantenimiento.

- *Nivel de licenciatura* como ingeniero en diseño mecánico, ingeniero en manufactura o ingeniero en sistemas electrónicos (COMEA - FEMIA, 2012).

La tabla 5.2 muestra los niveles y el grado de especialización en cada uno de ellos, la UNAQ también prepara recursos humanos con estudios de posgrado en maestría y doctorado aeroespaciales.

Tabla 5.2: Formación de mano de obra por nivel en la UNAQ

La formación y capacitación del recurso humano para la industria aeroespacial

Concepto	Nivel de habilidades					
	1 = Básico	Nivel educativo	2 = Intermedio	Nivel educativo	3 = Avanzado	Nivel educativo
Maquinados	Operación de máquinas CNC o Manuales. Metrología dimensional. Mediciones básicas.	Secundaria / Técnico	Programación de máquinas CNC. Conocimientos o experiencia en materiales especiales - súper aleaciones.	Técnico / Técnico profesional	Programación de rutas de corte en interfaces CAD/CAM. Hojas de proceso. Post - procesadores. Tool Path verification.	Ingeniería / Posgrado.
Aero Estructuras	Doble, enderezado y operaciones básicas con metales	Secundaria / Técnico	Remachado. Sujeción. Torques. Perforaciones a metales.	Técnico / Técnico profesional	Inspección de ensambles. Diseño de procesos. Soldaduras (TIG, MIG, etc.)	Ingeniería / Posgrado.
Procesos especiales	Operaciones de racking, manejo de producto, rastreabilidad.	Secundaria / Técnico	Realiza operaciones de: Interpretación de resultados, inspección y control.	Técnico / Técnico profesional	Diseña el producto	Ingeniería / Posgrado.
Electromecánica	Operaciones de ensamble, manejo de producto, rastreabilidad	Secundaria / Técnico	Realiza operaciones de: Interpretación de resultados, inspección y control.	Técnico / Técnico profesional	Diseño del proceso	Ingeniería / Posgrado.
MRO	Operación de reparación básica (no requiere licencias DGAC).	Secundaria / Técnico.	Operación de reparación mayor (si requiere licencia DGAC).	Secundaria / Técnico	Ingeniería de mantenimiento, conformidad del producto.	Ingeniería / Posgrado.
Diseño	Drafting, conocimiento de normas, conversiones, simbología, acotamiento.	Técnico / Técnico profesional.	Modelos básicos. Simulación. Visualización	Ingeniería	Proponer nuevos diseños, concepción, Ingeniería del producto, stress analysis.	Ingeniería / Posgrado.
Composites	Recepción y manejo de materiales, manipulación, identificación.	Técnico.	Operación de equipo pre programado, aplicación de químicos.	Técnico / Técnico profesional	Preparación y validación de químicos, diseño del proceso.	Ingeniería / Posgrado.

Fuente: Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial (COMEA) - COMEA y FEMIA. Noviembre 2012.

http://virtual.cudi.edu.mx:8080/access/content/group/733b22c8-5ec4-49a8-a90a-9989a1f5109d/dias_virtuales/2012_11_13/Miguel_alvarez_COMEA.pdf

La UNAQ comenzó a operar en el año 2006 con el compromiso de apoyar a la empresa Bombardier con mano de obra especializada, en su primer año de operación preparó a 480 estudiantes, egresando durante el periodo 2006–2014 aproximadamente 5,000.

5.7 Producción de autopartes en México y Querétaro

Producción de autopartes en México

La industria de autopartes en México en 2014 tuvo un valor de mercado de 81,500 millones de dólares (Forbes, 2015). En 2015 el sector alcanzó ventas por 85 mmd debido al aumento de exportaciones a Estados Unidos y a las compras de las armadoras (El Financiero, 2016).

La tabla 5.3 muestra el valor de la producción del consumo que tiene la industria automotriz y el porcentaje de participación del sistema o componente, se observa también el alto consumo que tiene la industria automotriz en partes eléctricas, seguido por el consumo de telas automotrices, partes maquinadas de motor, transmisiones, clutches, accesorios y partes de uso automotriz, así como motores a gasolina (Secretaría de Economía - ProMéxico, 2013):

Tabla 5.3: Valor de producción automotriz en México 2013.

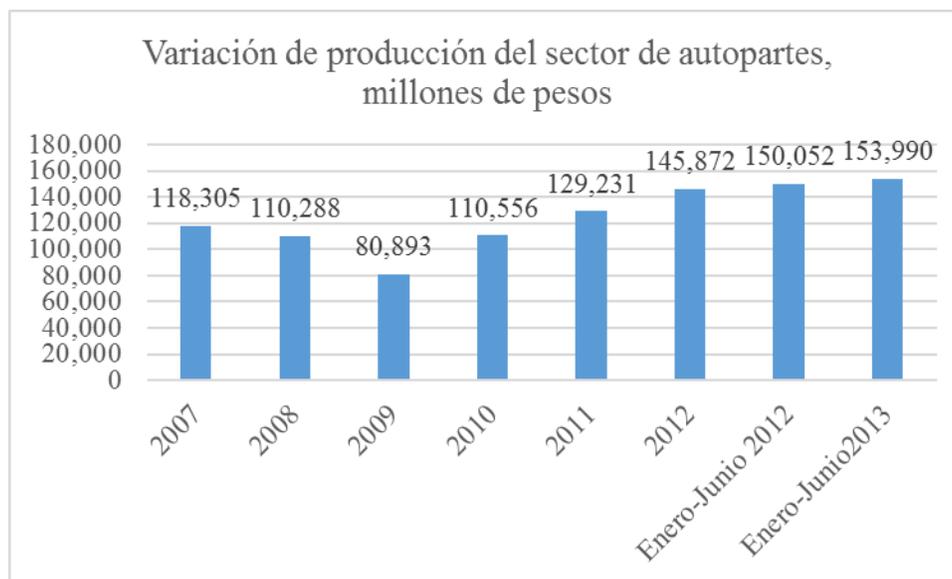
Sistema o Componente	Cantidad (MD)	% de participación
Partes eléctricas	16,463	22
Telas automotrices, alfombras y asientos	8,597	11
Partes de máquina	6,993	9
Transmisiones, clutches y sus partes	5,809	8
Accesorios y partes de uso automotriz	4,730	6
Máquinas a gasolina	3,986	5
Suspensión, volantes y sus partes	2,916	4
Máquinas a diesel	2,638	4
Estampados y sus partes	2,864	4
Frenos y sus partes	1,944	3
Rines y llantas	1,575	2
Partes del cuerpo	1,256	2
Aceite automotriz, lubricantes y líquidos	1,189	2
Productos de hule automotriz	959	1
Ventanas automotrices, vidrios y parabrisas	417	1
Refrigeración	361	0
Otros	12,098	16
Total	74,795	100

Fuente: INA

De acuerdo con la unidad de inteligencia de negocios de ProMéxico, en el país, la industria de autopartes sigue la misma tendencia que la industria automotriz en su conjunto: “México producirá más de 3.7 millones de vehículos ligeros al final de 2016, lo que significará un incremento en los niveles de producción reportados en 2015. El crecimiento de la industria terminal beneficia a la industria de autopartes ya que el mercado demandará una alta gama de productos para las líneas de producción de las armadoras, y a su vez el número de vehículos comercializados aumentará la demanda de los diferentes segmentos del mercado de repuesto o aftermarket.

La figura 5.6 muestra las variaciones de producción del sector autopartes de 2007-2012, el valor más bajo se presentó en 2009 con un valor de \$80,893 millones de pesos, después de este año se tiene un crecimiento ascendente.

Figura 5.6: Variaciones de producción del sector de autopartes



Fuente: INEGI, 2013

En 2012, el valor de la producción mundial de autopartes fue de \$1,399,000 mdd, de este valor el 55.5% la tuvo la región Asia-Pacífico, seguido por la región de América del Norte y de Europa, se estima que la producción mundial aumentará a un ritmo medio anual de 6.5 % entre 2013 a 2020 (tabla 5.4) (Secretaría de Economía - ProMéxico, 2013).

Tabla: 5.4 Producción global de autopartes

Región	Producción 2012 (MD)	%
Asia-Pacífico	776,271	55.5
Norte América	309,328	22.1
Unión Europea	185,625	13.3
Latino América	52,269	3.7
Otros	75,808	5.4
Total	1,399,302	100

De acuerdo con la Industria Nacional de Autopartes (INA), en 2014 éste sector participó con el 7% del PIB manufacturero, con valor de la producción nacional de \$81,412 md, que hizo que México ocupara el quinto lugar como productor de autopartes a nivel mundial (Industrializando, 2015).

Producción de autopartes en Querétaro

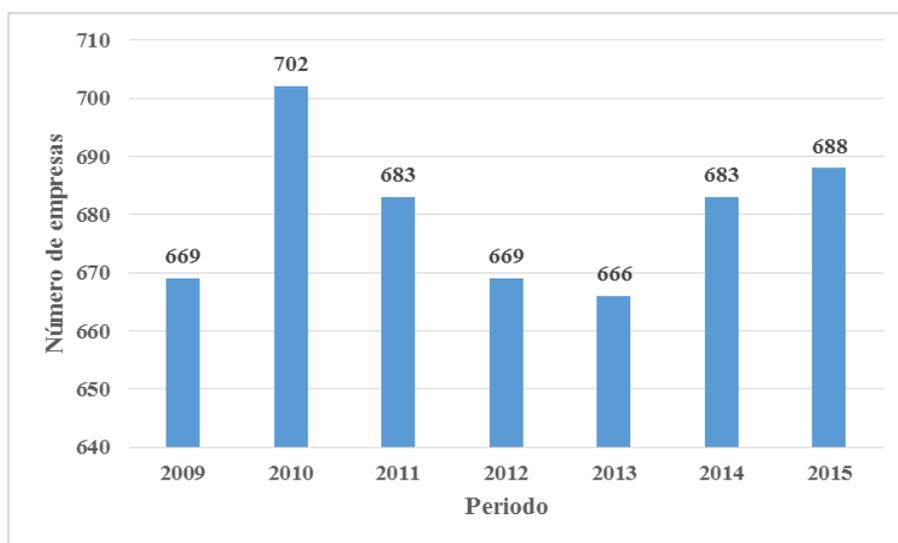
La industria de autopartes en Querétaro en 2015 reportó una venta de \$3,322 mdd, mientras que a nivel nacional la facturación alcanzó los \$82,000 mdd, se estima que para fin de 2016 alcance un 3% o 4% de incremento en facturación, colocándose como el sexto productor de autopartes a nivel nacional (Economista, 2016).

En el estado se encuentran 350 empresas dedicadas a las autopartes, que representa el 33% del total de empresas en México, se produce el 15% de las autopartes del país, generando el 12% del P.I.B. del estado (ADN, 2015).

La IED del sector de autopartes alcanzó en 2015 el monto de \$97.4 mdd, de enero a agosto de 2016 la IED fue de \$500 mdd, que representa un incremento de 38% con respecto al 2015 (El Economista, 2016).

La figura 5.7 muestra el comportamiento del número de empresas manufactureras en Querétaro, la cual se asemeja a la de inversión extranjera directa en la fabricación de equipo aeroespacial (ver figura 5.3), 2010 fue el año con mayor número de empresas, que decremento en 2011 a 683, 2012 a 669, siendo 2013 el año que tuvo el menor número de fabricantes de autopartes con 666 empresas, en 2014 se incrementó a 683 y en 2015 repuntó con 688 fabricantes (INEGI, 2016).

Figura 5.7: Comportamiento de empresas fabricantes de autopartes en Querétaro (2009 – 2015)



Fuente: INEGI. Encuesta Anual de la Industria Manufacturera (EAIM)

Las principales empresas manufactureras del sector de autopartes en Querétaro se muestran en la siguiente figura 5.8, en donde se indican los productos que manufacturan.

Figura 5.8: Principales empresa productoras de autopartes

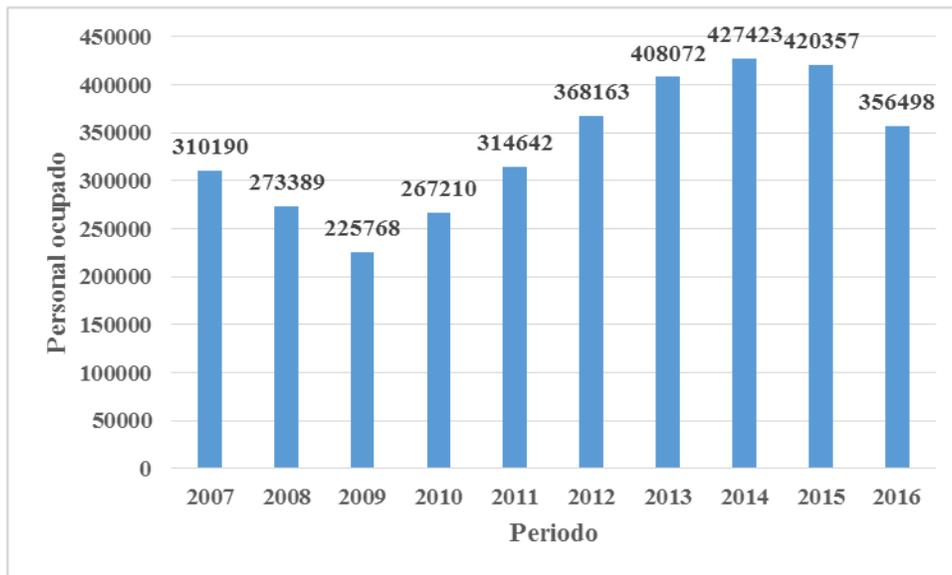
Empresa	Productos que manufactura
VRQ Automotive Systems	Cajas de eje, travesaños, chapa protectora frontal contra empotramiento y soportes para los depósitos
Aeroquip Grupo (EATON)	Mangueras, conectores y adaptadores
Arvin Mentor	Autopartes, ejes, frenos y sistemas de seguridad, líneas de conducción
Aspel Group	Productos de plástico
Auma	Inyección de piezas a presión, principalmente en zinc utilizados en la industria automotriz
Autoliv	Bolsas de Aire, Cinturones de seguridad y volantes
Bosal	Paneles y piezas estampadas, perfiles para carrocerías, cabinas y bastidores de seguridad, puertas y bisagras, barras estabilizadoras, parachoques, entre algunos.
Bticino	Fabricantes de servicios de cables conductores de corriente
Burgmann	Sellos mecánicos
Climate Systems	Controles de aire acondicionado, conjuntos de mangueras y tubos de aire acondicionado, componentes de transmisión, líneas de enfriamiento de aceite de transmisión.
Delphi	Sistemas de dirección de tercera generación
Durr	Instalaciones de pintura para la industria automotriz y aeronáutica
Eaton	Arrancadores a tensión, botones y luces indicadoras, centro de control de motores, controles programables, relevadores, sensores, entre algunos.
Hitachi Cable	Cable y componentes inalámbricos, componentes de vehículos eléctricos

Siemens	Tableros y controles
Tremec	Transmisiones manuales ligeras, medianas y pesadas para tracción trasera, componentes y Sistemas para Transmisiones Dual Clutch.
San Luis Rasinni	Componentes para suspensión de vehículos

Fuente: ProMéxico, Inversión y Comercio, 2016

La siguiente figura 5.9 muestra el comportamiento del personal ocupado en la fabricación de equipo de transporte en Querétaro, esta distribución incluye las manufacturas del sector aeroespacial, el dato de 2016 solo incluye datos a octubre, se observa que de 2013 a 2015 el personal que labora se presenta con tendencias sin mucha variación.

Figura 5.9: Personal ocupado en la manufactura de equipo de transporte



Fuente: INEGI, 2016

Capítulo 6. Resultados de la investigación y encadenamiento de los sectores aeroespacial y autopartes en Querétaro

6.1 Resultados de la investigación:

El objetivo de esta investigación es analizar bajo qué condiciones el sector de autopartes puede llegar a ser proveedor del sector aeroespacial, utilizando sus capacidades tecnológicas genéricas y/o de proceso, cumpliendo con las certificaciones internacionales, contando con mano de obra especializada y cumpliendo con las condiciones de inversión del proyecto.

En la investigación de campo se realizaron entrevistas con expertos de empresas de autopartes y aeroespaciales, con objeto de conocer la problemática que presenta la proveeduría de partes de avión a estos sectores, y dar respuesta a las preguntas de investigación sobre el escalamiento tecnológico, los requerimientos de inversión, la capacitación y las certificaciones. Se buscó entrevistar principalmente a CEO's, Directores y gerentes con alto nivel de responsabilidad en la toma de decisiones, en virtud de que son los que conocen mejor la problemática de encadenamiento entre los sectores aeroespacial y de autopartes, y basándose en su experiencia entender cómo enfrentaron y dieron solución a la problemática en inversión (impacto de la tasa interna de retorno, TIR), producción, mano de obra especializada, estructura de producción, normas y certificación, nivel de proveeduría, escalamientos tecnológicos, mano de obra y apoyos gubernamentales. Se entrevistaron nueve empresas de manufactura y tres de servicios. Las empresas de manufactura visitadas principalmente fueron pequeñas y medianas empresas, las empresas de servicios fueron laboratorios certificados e instituciones educativas (anexo 1).

La tabla 6.1 muestra las principales características de las personas encuestadas del sector aeroespacial en Querétaro en manufactura y servicios:

Tabla 6.1: Principales características de los expertos entrevistados en Querétaro.

Entrevistas a empresas de Manufactura

Entrevistado	Es experto porque	Antigüedad
Ing. José Carlos García Medina - Director de Ingeniería y Desarrollo - ITP	Ing. Aeronáutico experiencia en diseño y productor de partes y ensamble de turborreactores	15 años
Ing. Claude Gobenceaux - Director General Americas - Safrán	Experto en el sector automotriz por veintiséis años y en el sector aeroespacial con nueve años	35 años
Ing. Baltazar Moncada - Gerente de Operaciones - Alaxia	Experto en desarrollo de manufactura de partes para la industria aeronáutica	6 años
Ing. Jatziri Barrios Porras - Directora de proyecto ETU Turborreactores	Experiencia en mantenimiento, reparación y operación, adquirida en el grupo Safrán y Estudios en Alemania en procesos aeroespaciales.	15 años
Ing. Miguel Ramos - Aseguramiento de Calidad - Global Composites	Ingeniero con experiencia en ensamble de aviones, experiencia en Bombardier y en Global Composites, responsable de proyecto para establecer una nueva compañía para producción de esqueletos de asientos de avión de fibra de vidrio.	5 años
Lic. Beatriz Aguilar - Gerente General AXON Interconex, S.A de C.V.	Licenciada con amplia experiencia en el sector aeroespacial, con el manejo de tres idiomas (inglés, francés y español), con responsabilidad en nuevos diseños de cables para el sector autopartes y aeronáutico, apoya al CAT de la UNAM.	18 años
Ing. Guillermo Bonilla - Gerente General TECNUM	Con experiencia muy amplia en el sector automotriz, ha tenido contacto con la industria aeroespacial para convertirse en proveedor.	30 años
Lic. Verónica Torres - Directora de Diseño y desarrollo - TAMTO	Experiencia en la industria de autopartes y maquinados.	15 años
Francisco Arceo D. - Director de Desarrollo de Negocios - Rymsa	Experiencia muy amplia en proyectos de proveeduría de autopartes, proyecto de maquinado de aeropartes.	

Entrevista a Empresas o Instituciones de Servicio

Entrevistado	Es experto porque	Antigüedad
Dr. Saúl Santillán - Director del centro de Alta Tecnología	Experto en áreas espaciales y automotrices, apoyo en diseño de sistemas y partes de los sectores aeronáutico y autopartes	15 años
Mtro. José Gabriel Tort Flores - Director de Vinculación con el sector aeronáutico	Ingeniero aeronáutico con experiencia de 43 años en el sector aeronáutico	43 años
Ing. Federico Pérez Fuentes - Director de Vinculación y Planeación de la UNAQ	Experiencia en el área aeroespacial y en la capacitación de recursos humanos.	35 años

6.2 Análisis de las entrevistas por pregunta y empresa

Se realizaron doce entrevistas a profundidad formándose cuatro grupos de acuerdo a características semejantes: a) dos empresas de servicios y manufactura b) dos empresas de manufactura c) cinco empresas de manufactura en automotriz y aeroespacial y d) tres organizaciones de servicios. El formato de las preguntas de investigación que realizó a los expertos aeroespaciales y de autopartes se encuentra en el anexo 3, la estructura se diseñó para dar respuesta a las preguntas de investigación y conocer la problemática de la proveeduría de partes de avión provenientes del sector de autopartes, el formato organizó para conocer la ubicación de la empresa en la cadena productiva, la experiencia que tienen en la cadena, el ecosistema del negocio, experiencia en la manufactura y operación de la empresa, conocimiento del replicado de proveeduría similar al de la empresa, valores a considerar en la industria aeroespacial, como su contribución en el diseño de partes aeroespaciales y la infraestructura de la nave para elaborar partes de avión. En el anexo 4 se presenta en cuadros el resumen de resultados obtenidos en la investigación de campo.

En el grupo uno se entrevistó a dos empresas de servicio y manufactura, Safrán Messier-Bugatti-Dowty e ITP Turbo reactores, se establecieron desde hace más de 20 años en Querétaro dando servicios de reparación y mantenimiento para empresas de aviación comercial. ITP es filial del grupo ITR y vio la oportunidad de surtir a sus empresas ubicadas en Estados Unidos de partes para turbinas. De la misma manera la filial de Safrán inició la manufactura para abastecer de partes de tren de aterrizaje a empresas del grupo en México.

En el grupo dos se entrevistó a dos empresas que únicamente se dedican a la manufactura, una es mexicana (ETU turborreactor) y la otra es francesa (AXON Interconex, S.A. de C.V.). La primera es un spin off de la empresa de turborreactores que hace partes para Pemex y encontró un nicho de mercado al tener capacidades para fabricar piezas troqueladas de gran exactitud. Se han especializado en maquinaria de control numérico de última generación. Axon por su parte llega a México fabricando arneses para avión porque no había en México proveedores para de calidad para la industria y se han especializado en nuevas tecnologías de cableado.

En el grupo tres encontramos cinco empresas de autopartes que han incursionado también en la manufactura de aeropartes. De estas empresas **Alaxia** del grupo Kuo ha sido la única que fue creada ex profeso para hacer partes de avión y las otras cuatro son empresas que ya hacían autopartes y crean líneas de producción para fabricar aeropartes. TECNUM es una empresa con experiencia y fabrica partes del tren de aterrizaje y bujes bajo pedido sin que este sea el giro principal de la empresa. Tamto, Rymsa y Global Composites se encuentran en proceso de aprobación por las ensambladoras para lograr ser sus proveedores.

El grupo cuatro está conformado por tres organizaciones, que son instituciones educativas y de investigación y desarrollo buscando opciones para trabajar con la industria aeroespacial. Una de ellas es la Universidad Aeronáutica en Querétaro, fue creada a petición de las empresas fabricantes de aviones con el objetivo de contar con mano de obra calificada en los diferentes niveles del proceso productivos desde operarios hasta ingenieros y doctores que puedan realizar diseños. El Laboratorio Nacional Espacial y Automotriz en Querétaro, perteneciente al centro de tecnología avanzada de la Facultad de Ingeniería de la UNAM es una institución educativa que cuentan con capacidades de innovación y desarrollo y busca la vinculación con el sector aeroespacial de manera que pueda lograr resolver problemas de carácter nacional. Por su parte el CIDESI, que es un centro Conacyt, busca la vinculación mediante servicios específicos de laboratorio y pruebas.

Se encontró en la investigación de campo que la inversión fue un importante factor a considerar por empresas como Alaxia Aerosystems, Global Composites, Tamto de Puebla y ETU Turborreactores, para la construcción de nuevas instalaciones dedicadas ex profeso para la manufactura de productos aeroespaciales, para escalamiento de tecnológico, para la capacitación de mano de obra especializada y para la administración de la nueva área de producción. Tecnum, Rymsa, Axon Interconex, contaron con las instalaciones adecuadas.

También se encontró el problema de certificación internacional, que aunque las empresas de autopartes ya cuentan con experiencia en certificación para las autopartes, existe una gran diferencia con la certificación de los productos aeroespaciales, normas muy estrictas. La certificación la emiten empresas internacionales por instrucción de las OEM, para que una empresa pueda convertirse en proveedora. Cabe hacer notar que la capacitación o la selección de

personal lo realiza la empresa de autopartes, que debe de ser certificada ya sea por las empresas OEM y por la certificadora internacional. Las empresas provenientes del sector de autopartes que pasaron desde su inicio en el proceso de proveeduría, fueron Alaxia, Tecnum, ETU Turborreactores y Axon Interconex.

Para ser proveedor de productos aeroespaciales, las empresas de autopartes deben de contar con personal con capacitación en el manejo de materiales específicos para producción, las empresas como Alaxia y ETU Turborreactores, comenzaron con la certificación directamente otorgada por la OEM para procesos y productos considerados básicos como bujes y sujetadores. Tecnum, Axon, Rymsa y Tamto consiguieron la certificación de la empresa internacional (NADCAP). Estas empresas capacitaron a sus empleados desde los niveles directivos a niveles de técnicos e ingenieros, en centros especializados en la capacitación en administración, producción, evaluación de productos, certificación, diseño de herramental, centros educativos, laboratorios y centros de diseño, instalados principalmente en Querétaro, como la UNAQ, CIDESI, Centro Avanzado en Tecnología y UAQ.

Análisis de resultados por pregunta de investigación:

El Director de ***Ingeniería y Desarrollo de ITP México*** (grupo uno), Ing. José Carlos García Medina, comentó que se dedica al mantenimiento de turbinas de avión, y está por arrancar con una empresa de Querétaro la producción de una parte de turbina, su nivel productivo se encuentra en el nivel Tier 3. En cuanto a su experiencia en la cadena indicó que se dedica a la reparación de turbinas, actualmente se encuentra afiliado a la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA) y al Aeroclúster de Querétaro. En lo referente a la existencia de la mano de obra especializada en aeronáutica en Querétaro, comentó que básicamente es el problema de tener falta de este recurso en la industria aeroespacial, y que el posgrado en maestría aeroespacial que ofrece la UNAQ viene a ayudar al sector, la empresa cuenta con técnicos e ingenieros en el área aeroespacial, la inversión realizada se hizo con capital propio (EMN), no ha accedido a fondos de fomento y desarrollo que ofrece el gobierno y/o de la banca, no proporcionó información sobre los rangos de inversión que realizó en su proyecto de servicio de mantenimiento y manufactura, la empresa como EMN recibe los fondos que requiere para su operación de manufactura. El principal reto de la empresa fue posicionarse como empresa líder

en su área de operación. Cuenta con la maquinaria especializada para realizar la función de servicio y manufactura. La empresa desde su inicio de operación contó con la certificación otorgada por NADCAP en Europa, desde su inicio proporcionó servicios de mantenimiento a turbinas de avión y fue manufacturando de acuerdo a las necesidades de crecimiento de la empresa. En la pregunta sobre si tiene conocimiento de replicado de proveeduría de empresas de autopartes al sector aeroespacial, comentó que existen en el sector aeroespacial empresas que realizan el suministro en Europa. La empresa no contribuye a la disminución del peso de avión. El material utilizado es de origen externo. Han desarrollado tecnología de acuerdo al crecimiento y requerimientos que han tenido. En cuanto a la infraestructura de la nave industrial, comentó que la naturaleza de la manufactura y el mantenimiento se estructuraron las instalaciones para los procesos de manufactura, mantenimiento y pruebas de turbinas de avión.

La otra empresa de manufactura y servicio es *Safrán Messier Services Americas, S.A. de C.V.*, en la que se entrevistó al Director de la empresa, Ing. Claude Gobenceaux, quien tiene experiencia en ambos sectores, se le preguntó si piensa que es factible el encadenamiento productivo entre los sectores de autopartes y aeroespacial, contestó Si trabajé durante veintiséis años en el sector automotriz, ocho y medio en el sector aeroespacial, hay que ver que hay diferencias entre el sector automotriz y el sector aeronáutico bastante fuertes, en el sector automotriz no hace falta una certificación para producir esos artículos totalmente, hasta el punto que no se puede trabajar en muchos casos con proveedores que no tienen ciertas certificaciones o si se trabajan el riesgo lo toma el que trabaja con este proveedor, es cierto que pueden entregar piezas de una empresa que no está certificada, en este caso se pueden entregar piezas bajo un COQ (certificado de calidad), pero por supuesto que hay muy pocas empresas que están dispuestas a aceptar esto, si lo acepta es por poco tiempo, este tema de calidad es totalmente importante para el sector en México, hay diferencia entre un carro y un avión, la diferencia es que si hay un problema por el camino, el carro se puede parar el avión no puede, por lo que se busca implementar cero defectos en forma total, esta es la dificultad que puede se puede presentar, por lo que el sistema de calidad no es el mismo, el segundo punto es la capacitación del recurso humano, el cual no es lo mismo, en el sector automotriz la capacitación de las personas comprende carreras muy especializadas, en el sector aeronáutico la capacitación para la

producción es como mínimo de tres meses, y en muchos casos se capacitan hasta por dieciocho meses, y no se da la responsabilidad a una persona antes de que tenga probada su capacitación y que tenga la experiencia de que haya probado ciertas cosas que avalen su capacidad de poder trabajar en el sector aeronáutico, no estamos frente al mismo perfil de personas, otra diferencia es que un avión va a volar durante treinta o cuarenta años, es decir, que vamos a suponer que alguien empiece con el desarrollo de un avión en forma provisional, lo más probable es que no verá o apenas verá la salida de este avión del mercado, desde que se diseña hasta que salga el avión del mercado, en el sector automotriz los ciclos son muy cortos durante cuatro o cinco años, los retornos de inversión son totalmente distintos, porque en el sector aeronáutico se trabajan series de producción muy cortas, muy cortas en miles de piezas, pero son piezas que de manera unitaria pueden costar muchísimo dinero, yo tengo aquí piezas que valen una pieza doscientos mil dólares, es decir, que tomamos riesgos también financieros que no son los mismos, tomamos un riesgo financiero o algo de ellos, si se cae una pieza puede costar cincuenta mil dólares, ciento cincuenta mil hasta doscientos mil dólares, por lo que el riesgo no es el mismo.

En cuanto a la especialización de la mano de obra afirmó que hay dos tipos de personas, los técnicos y operadores de taller, una rama es la fabricación de piezas y para esto se requiere la certificación, capacitación o la selección de personal que lo hace la empresa de manufactura, la otra rama la tienen personas que están en el MRO y necesitan la licencia otorgada por parte de empresa certificadora, las personas que tocan el producto necesitan licencia, necesitan tener bachillerato para tener una capacitación técnica, la capacitación no es la misma que la que se encuentra en otros sectores, en otros sectores la capacitación no es tan estricta. La UNAQ preparó a técnicos de taller con cursos de acuerdo a la necesidad de la empresa por materia específica, estos operarios técnicos después van a trabajar al sector aeronáutico en una planta de primera, los costos que las empresas tienen en capacitación son costos totalmente acordes a las necesidades de capacitación de la empresa, en virtud de manejar materiales caros, maquinaria especializada como CNC complejas, por lo que necesitan tener personas muy preparadas para que se operen con exactitud, todo esto para enseñar que el sector automotriz y aeronáutico no son sectores parecidos. Hay flota de 20,000 aviones volando, cuando miramos las ventas de cualquier constructor en el mundo es un millón quinientos mil de capital, no se trata de cualquier cosa, por

supuesto hay que certificar las piezas, los aviones, antes de que vuelen y esto cuesta mucho dinero.

Se preguntó al Ing. Gobenceaux si existen empresas que se encadenen a la proveeduría de aeropartes, indicando que la pregunta sería bajo qué condiciones una empresa del sector automotriz podría pasar al sector aeronáutico, básicamente hace falta una voluntad y un compromiso tremendo de la empresa, **por supuesto que se puede**, pero lo que se requiere para el sector aeronáutico es un espacio propio, no podemos por regla mezclar una producción de piezas para el sector automotriz y para el sector aeronáutico, igual para el taller de mantenimiento como el nuestro, tenemos también una celda, un espacio para la manufactura de piezas que van a ser montados en aviones nuevos, pero esta celda es separada del resto.

Asimismo, se le cuestionó sobre si la maquinaria tenía que ser especializada o podría ser maquinaria donde se utiliza en la línea de autopartes, comentó que es totalmente distinto, pero las tolerancias que trabajamos no son las mismas, decir que una calidad va a ser la misma en el sector automotriz, y que tal vez va a haber una pieza tenga rebabas, en el sector aeronáutico no se va aceptar, una rebaba que no se quite podría causar un accidente, también el nivel de calidad no es el mismo, el nivel de tolerancia no es el mismo, hay empresas que intentaron utilizar sus máquinas para necesidades automotriz en necesidades aeronáuticas, pero como los espacios deben que ser distintos por regla aeronáutica, ese espacio debe ser espacio propio, ningún cliente aeronáutico de la pieza va aceptar que se fabriquen en la misma línea que piezas automotrices, no se va aceptar nunca, es tan claro como esto, entonces se debe ya tener dos máquinas, una misma no puede fabricar los dos tipos de partes, los sistemas de calidad en el sector automotriz va ser un sistema de calidad de tipo ISO 9000 en el aeronáutico la AS9100C que es una certificación propia para el sector aeronáutico, en la cual se pide una gestión de los riesgos y otras cosas que no se piden por ejemplo la certificación de equipos, pero más allá del espacio de las máquinas y de las personas, hay que ver que el sector aeronáutico necesita una visión muy fuerte por parte de los responsables de la empresa, si una empresa del sector automotriz quiere incursionar en el sector aeronáutico es una decisión fuerte, porque de un lado vamos a poner una máquina cuyo retorno sobre inversión va ser rápido, nuestro sector el retorno de la inversión va a ser entre 10 y 20 años, es decir, que si una empresa quiere incursionar en esto el presidente de la empresa tiene que saber

que va a tener pérdidas, es decir, podemos imaginar que voy a tomar el caso de una empresa mediana o y grande que cotizan en bolsa, va a tener que presentar resultados de estar en el sector aeronáutico antes de diez años, no va a ser simple para un presidente explicar a los accionistas que está invirtiendo en otra cosa bastante complicada, le van a decir pero porque, porque si tenemos los recursos limitados si podemos invertir 100 aquí que la TIR está en dos o tres años, porque lo inviertes acá que son tal vez 20 años, no estamos hablando de las mismas cosas, esto necesita de una decisión política de la empresa muy fuerte, necesitaría recursos propios, es decir, que los accionistas estén de acuerdo, que la decisión la tomen muy fuerte, y cuando hay esta voluntad, y suponiendo que exista esta voluntad también debe de ser después la voluntad de todos los que están por debajo de este responsable, por lo tanto no está fácil y las personas deberán aceptar que están en otro sector y deberán adaptarse a otros métodos, a otras maneras de trabajar, otro tipo de capacitación, otro sistema de calidad, visto desde la calle es lo mismo, pero cuando una persona entra en detalles entonces son dos cosas muy distintas, no digo que es imposible sino que es complicado y bien complicado, por lo tanto qué tipo de empresa podría entrar en este sector, para mi debe ser seguramente una empresa cotizada en bolsa bien respaldada por sus accionistas, y si es una pyme en el cual el responsable quiera realmente entrar en este sector y poner los recursos y contar con ellos, que sea pyme de un gran grupo, necesita recursos financieros muy dedicados y altos, en el sector automotriz alguien me pidió una pieza para mañana, en el sector aeroespacial voy a tener que canalizar a mis personas para tener una analizar las restricciones, que la pieza sea aprobada cuando es el caso de un taller, que el personal tenga cierto perfil de estudios, se va a necesitar tiempo para desarrollar el sistema de calidad, el sistema de calidad se puede validar solamente cuando la empresa está ya produciendo piezas, lo que supone anteriormente que ya cuenta con un cliente que apueste a esta empresa, es decir, y repito que el cliente que va a hacer esta apuesta debe decir apuesto con esta empresa y yo confío que van a tener las buenas certificaciones, que van a ser capaces de controlar a sus proveedores, capaces de controlar a sus empleados, a través de su sistema de calidad y capaces de producir al final la pieza lo más perfecto posible, vemos que son muchas funciones y que esto va a necesitar un tiempo, cual es tiempo entre el momento en el cual una empresa entra en el sector aeroespacial y puede desarrollarse, puede ser en tres, cuatro, o cinco años, es decir, como un mínimo del orden de un año y medio si no hay costo mínimo, pero habrá que pagar al personal durante ese tiempo,

habrá que pagar hasta este momento más, habrá que buscar un cliente que apueste con interés, por lo tanto no es tan sencillo pero no es imposible, entonces podemos tomar el caso de Alaxia del grupo KUO, decidieron hace unos años, en el 2008 incursionar en el sector aeronáutico, este grupo está cotizado en bolsa, sé que esta empresa tuvo problemas al arrancar, sistemas de calidad, pero lo hicieron, hace piezas de maquinado, sé que consiguieron equipos para tratamientos de calidad, todos estos procesos especiales de tratamiento de metal deben tener una certificación de NADCAP-PRI, y es algo imprescindible para las empresas del sector aeronáutico cuando hay un tratamiento especial, entonces tuvieron que conseguir proveedores que dan el tratamiento térmico, entonces es una cuestión de proveedores, empleados, maquinado.

En cuanto a inversión el Ing. Gobenceaux comentó que se tienen varios tipos de inversión para apoyo a todos los sectores en México, hay básicamente tres tipos de fondos que pueden apoyar a las pymes, hay los fondos de tipo inmaduro y si se puede apoyar a las pymes en la obtención de la certificación.

En el grupo dos se entrevistaron a dos empresas que únicamente se dedican a la manufactura, una es *ETU Turborreactores*, empresa mexicana, se entrevistó a la Directora de Proyectos, Ing. Jatziri Barrios Porras, quien comentó sobre su experiencia en la fabricación de partes aeroespaciales, y de cómo su empresa fabrica partes automotrices para Pemex, que sirvió como impulso para manufacturar partes aeronáuticas. Afirmó que esta empresa hace veinte años empezó a hacer investigación y desarrollo en productos como el sello seco (producto patentado), también lo hizo en productos de reacción de baja potencia, y en 2010 empezó a dedicarse más en forma a la aeronáutica, su célula de manufactura está en *producir bujes* para tren de aterrizaje de aviones, es una buena empresa en procesos controlados, cuentan con buena calificación en entregas a tiempo de su producto terminado. La proveeduría de partes de avión en la cadena de valor no logra sinergia o compromiso para desarrollar proveedores nacionales, que es lenta y se tiene impacto en el nivel de confianza y en la obtención de certificaciones. Las piezas fabricadas las analizan haciendo pruebas no destructivas, además llevan tratamientos térmicos y de pintura, y obtienen la calificación y aprobación de NADCAP, esta certificación les llevó tiempo, inversión y además tuvieron que adecuar las líneas y sistemas de documentación. La empresa se encuentra en el nivel productivo Tier 2, sin embargo es Tier 1 en partes que envía a Canadá.

La Ing. Barrios comentó también que en promedio un avión tiene cinco millones de piezas que forman el ensamble, tanto en aviones del tipo comercial y militar.

En cuanto a la tasa de retorno de inversión (TIR) piensa que se tiene en cinco u ocho años, dependiendo la industria y procesos.

Por medio de la aceleradora internacional de empresas tecnológicas TECHBA, en Montreal se incorporaron empresas gacela con alto potencial para incorporarse al sector aeronáutico.

Esta empresa trabaja aceros especiales, manejando bajos volúmenes de producción de partes aeroespaciales (cinco piezas por lote).

El modelo de negocios que sigue la empresa es en línea y la inspección de sus productos se realiza al 100%, lo que da la calidad requerida por sus clientes.

El capital de esta empresa para proveer partes de avión a empresa terminal es soportado por la empresa Turborreactores que produce partes para PEMEX, por lo que decidieron crear hacia el sector aeronáutico.

La Ing. Jatziri Barrios comenta que los contratos con el sector aeronáutico se dan de 3 a cinco años, extendiéndose a veinte años de acuerdo a la vida útil del avión y ve crecer un 20% anual la fabricación de aviones a nivel mundial., considera que:

- 1.- Se tendrán nuevas líneas aéreas en Asia y América Latina
- 2.- La regulación al medio ambiente hace que los nuevos modelos de avión sean más eficientes y hará que se sustituyan los aviones viejos

Se le preguntó que tanto obliga la regulación ambiental a bajar el peso y la emisión de CO₂, la respuesta fue el gasto menor de combustible, a incorporar nuevos metales más ligeros como la fibra de carbono.

Las grandes empresas constructoras de aviones están relocalizando sus plantas de ensamble como estrategia para tener costos de logística más bajos aprovechando las zonas horarias de los proveedores (la comunicación y el tiempo de entrega se mejora), la empresa

Boeing por ejemplo tiene una planta en Silicon Valley en California para tener tiempos de entrega menores y hacer más fácil el rastreo de calidad, esta empresa lleva un back log de cinco años de tiempo de espera para entrega de aviones, del modelo 737 se producen 19 por mes, para 2016 se pronostica ensamblar 36 por mes.

En cuanto a la obtención de certificación AS9100C, ésta se obtiene en un promedio de tres meses para maquinados, con solo esta certificación proveen piezas de avión, por la naturaleza de su producto no es necesaria la certificación NADCAP.

Con respecto al herramental la empresa se especializa para fabricar los bujes con titanio y recubrimiento de carbono, se le preguntó si compra su herramental en el exterior, compran por lo general a proveedores nacionales, y que la programación de los herramientas de corte los hace en su fábrica, los robots controlan la calidad.

Con respecto a la mano de obra comentó que no es fácil conseguirla, y que es difícil entrenarla esto se debe a la cultura que trae el personal, esta empresa capacita el 100% de operarios, la mayoría de su mano de obra la trajeron de la empresa Turborreactores, los siguientes operadores los trajeron de la Universidad Aeroespacial en Querétaro (UNAQ), con especialidad en calidad y maquinados en materiales exóticos como el titanio. A esta mano de obra se les enseña a no esconder las fallas, haciendo conciencia de que sus productos son ensamblados en aviones, y en estos la gente corre peligro si una pieza mal hecha puede ser causa de accidente, las tolerancias de fabricación alcanzan las diez milésimas de pulgada al procesarse en máquinas CNC (una diez milésima es del grosor de un cabello), por lo que es indispensable reportarlas y que tengan en cuenta que no se permite que consideren que está bien la pieza, se debe de consultar al supervisor y este a su vez a la gerencia o dirección de operaciones; los registros de producción e inspección los debe de guardar diez años.

La Ing. Barrios comentó que la trazabilidad se lleva desde el molino donde se funde el material hasta la pieza terminada, junto con la evidencia de inspecciones y pruebas; el llevar esta documentación para trazabilidad lleva un costo escondido, que es el de llevar registros.

Se le cuestionó sobre los apoyos de fomento y comentó que siguen trabajando con TechBa a través de FUMEC por ser Pyme y con apoyos federales, comentó también que fabrican sellos de compresor de motor, anillos para motor y maquinados para los trenes de aterrizaje.

La directora de proyectos también comentó acerca del problema existente en la industria aeronáutica es que no se genera un compromiso entre el comprador y el vendedor, que no se cuenta con una cadena de proveeduría completa, no se cuenta con tratamientos especiales y que se requiere mayor apoyo federal, no cuentan con el capital suficiente para operar, la empresa Turborreactores sufraga los costos y gastos.

Por otro lado la Ing. Barrios comentó que están afiliados a la Federación Mexicana de la Industria aeroespacial (FEMIA), y que esta organización sería buena opción para vincular Pymes.

En cuanto a escalación tecnológica se utilizaron las mismas máquinas que tenía, más tres nuevas CNC, en mano de obra escalaron con los operarios más destacados que tenían en la empresa Turborreactores y después de los operarios con nivel básico e intermedio provenientes de la UNAQ, les costó tiempo entre tres y seis meses para la escalación, el punto básico fue que entendieran la filosofía del trabajo, es decir, entender lo que es la calidad en el sector aeronáutico más tener los conocimientos para elaborar las piezas, y el manejo de los materiales exóticos.

En su plantilla de operadores se cuenta con un operador estrella capacitado en la UNAQ, con un mecánico, no tienen ingeniero aeronáutico pero si un ingeniero industrial, el cual se capacitó en la empresa compradora en Seattle y básicamente su perfil es en calidad; esperan crecer más y vincularse para capacitar a más gente en la UNAQ. También cuentan con un ingeniero mecánico administrador con diplomado en aeronáutica, además de ir especializando al resto de su personal, del 100% de su personal el 3 – 4% son ingenieros, el 7% nivel medio y el resto en el nivel básico.

En inspección de procesos y calidad la empresa canadiense le revisa una vez al año basándose en la certificación AS9100C.

La estructura de la nave industrial sufrió adecuación en una primera etapa a 500 m² y una segunda etapa a 1,000 m², esperan que con estas adecuaciones el local este al 100% de acuerdo con el siguiente plan de desarrollo:

2015 – empieza a ensamblar piezas provenientes de Francia

2016 – doble abastecimiento, uno con el desarrollo de proveedores en México y otro con proveedores de Francia

2017 – ensamblan todas las piezas

2019 – lleva el 100% de la demanda en México

El proceso de entrada con un cliente, comienza con el pedido de una sola pieza, si está bien les piden de 20 a 50 piezas por año, por lo que el tiempo es crítico, es negocio pero cuesta mucho trabajar el número de partes.

Por último comento la Directora que las universidades deben de capacitar con un buen nivel de preparación, con calidad y valores, como la lealtad, el compromiso, honestidad y productividad, además de mejorar el nivel de inglés y debe ser obligatorio para técnicos. También que las universidades deben estar más vinculadas con las Pymes para tener más investigación y desarrollo. También expresó que el Conacyt si les apoya, no en un proyecto aeronáutico pero si en Turbo maquinaria por cuatro años seguidos.

La otra empresa del grupo dos es *Axon Interconex, S.A. de C.V.*, Lic. Beatriz Aguilar, comentó que se dedican a la manufactura de cables conexiones y arneses completos, su nivel productivo se ubica en Tier 2 y Tier 3 para aeroespacio. En cuanto a su experiencia en la cadena indicó que en Europa se tomó la decisión de proveer a la industria aeroespacial, se encuentra afiliado a la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA). En cuanto a la existencia de la mano de obra especializada en aeronáutica, comentó que su mano de obra está capacitada en Europa, la empresa cuenta con técnicos e ingenieros en el área aeroespacial, la inversión realizada es del grupo europeo y que han recibido apoyo del Prodiat para certificación. Ha accedido a fondos de fomento y desarrollo que ofrece el gobierno y/o de la banca, sobre el rangos de inversión que realizó en su proyecto de manufactura de cables y arneses indicó que fue de 2 mdp, el motivo para realizar la inversión fue la oportunidad de negocio que presenta el mercado aeroespacial. El principal reto que tuvieron en la manufactura de aeropartes fue la homologación con productos que requerían la OEM y la certificación de componentes. El escalamiento tecnológico fue a través de transferencia tecnológica con su empresa matriz. Las

tolerancias que exige el sector aeroespacial son cumplidas con la norma AS9100C, siendo verificadas cada año por la certificadora internacional NADCAP. En la pregunta sobre si tiene conocimiento de replicado de proveeduría de empresas de autopartes al sector aeroespacial, comentó que no tienen competidores en los tipos de cable para el sector aeroespacial. La empresa si contribuye a la disminución del peso de avión hasta en 50% en algunos productos. El material utilizado es de origen externo, importa cables y algunas partes de conectores. En relación a la creación de tecnología comentó que no hay investigación y desarrollo en México. En cuanto a la infraestructura de la nave industrial, comentó que si adecuaron las instalaciones por que les llegan nuevos proyectos de Francia.

Una de las empresas del grupo tres es *Alaxia Aerosystems*, que pertenece al Grupo KUO, se entrevistó al Ing. Baltazar Moncada, Gerente de operaciones, con respecto al tipo de aeropartes que produce comentó que manufacturan partes estructurales de aluminio, partes para tren de aterrizaje, a las que les llaman partes de sistemas de sistemas auxiliares, porque son bridas de unión para las líneas de escape de motor. Su nivel de proveeduría en el sector es Tier 1, Tier 2 y Tier 3, Tier 1 para la parte de estructuras y surten directamente a la OEM, Tier 2 parte para tren de aterrizaje, y Tier 3 otros componentes del tren de aterrizaje.

El Ing. Moncada comentó con respecto a la pregunta sobre su experiencia en la cadena, que tuvo la fortuna estar ahí dos años después de que la crearan, debido a la crisis que tuvo la industria automotriz en el 2008, y con la llegada de Bombardier empezó a surgir la idea de por qué no incursionar en maquinados para la industria aeroespacial, que es prácticamente lo que nosotros hacemos, maquinados de precisión y aprovechar la declive que había en la industria automotriz, pensamos que lo podíamos hacer porque utilizaríamos el mismo tipo de materiales, el tipo de maquinaria, la experiencia que tenían en corte de rebaba, de viruta etc., en algo podemos contribuir para la industria aeroespacial, y con Bombardier era una buena oportunidad de éxito en Querétaro, otra razón es que la planta de KUO prácticamente estaba siendo utilizada al 50% y estaba usada como bodega, y consideramos la distancia con respecto al cliente a quince minutos, con respecto a la mano de obra indicó que tenían personal que conoce de procesos de manufactura den maquinados, se les facilitaría mucho el aprendizaje con el nuevo tipo de procesos entonces ahí fue lo que empezó a convencerlos, lo que nos terminó de convencer fue

cuando por fin conseguimos los primeros contratos con estos clientes, en arrancar el proyecto desde que iniciamos fueron dos años tres meses, los que tuvimos que estar picando piedra para, empezamos en marzo de 2009 y para mayo de 2011 conseguimos los primeros contratos, hasta 2011, lograron la certificación con AS9100C en febrero del 2010. Están afiliados a FEMIA y al aeroclúster de Querétaro sobre la mano de obra calificada para producir aeropartes, comentó que contrataron tres grupos en forma general, dos de ellos los mandaron a preparar a la UNAQ, y a través de ellos es que prepararon al demás personal.

En la pregunta sobre el escalamiento en recursos humanos especializado en aeroespacio, indicó que el conocimiento es lo que escala, que aprendieron lo que ahora saben hacer, la respuesta fue sí. Este personal lo contrataron del tecnológico de San Juan del Río, otros León, y otros de la UNAQ, ¿entonces si hubo escalamiento! si hubo escalamiento.

En cuanto al escalamiento tecnológico respondió, de hecho nosotros como proyecto aeroespacial decidimos entrar con equipos nuevos, con maquinarias, ya después de estar investigando nos dimos cuenta que la maquinaria que utilizamos en la industria automotriz no se adapta completamente a lo que necesitamos en la industria aeroespacial, entonces si tuvimos que comprar y equiparnos con material tecnológico diferente, en nuestro caso decidimos incursionar mucho, invertir mucho por el lado de manufactura asistida por computadora, tecnológicamente ahí también invertimos, hubo un escalonamiento, y en esta parte es para pasar de la industria automotriz a la industria aeroespacial, esta parte es la parte más fuerte, haber metido mucha inversión en la parte de manufactura asistida por computadora, sobre todo las CNC que son equipos de maquinados pero la manera en que nosotros lo programamos y los usamos es a través del sistema CAD/CAM, normalmente en la industria automotriz no utilizamos mucho este tipo de herramientas, y aquí en la industria aeroespacial si las utilizamos mucho si tuvimos que hacer un upgrade a enfocar mucho la manufactura virtual o la manufactura especializada en ese sentido, ese si fue un escalonamiento, tanto de gente para pasar de automotriz a aeroespacial, fue uno de los grandes cambios, y el tipo de máquinas también, nosotros aquí utilizamos muchas máquinas de control numérico que tienen cinco y cuatro eje cuando en la industria automotriz no es tan común este tipo de maquinaria con esta cantidad de ejes, es una de las grandes diferencias, incluso también para la parte de laboratorio en la parte de inspección, nosotros estamos

programando los programas de CMM de medición up line, con un software que se llama calipso y entonces con esto hacemos toda nuestra programación de la medición de las piezas y nos metemos después a las maquinas CMM a que ahí mismo las midan, algo que normalmente en la industria automotriz las hacemos a mano, *pasa o no pasa, ¿su maquinaria cumple con las milésimas?* También fue lo que vimos, había algunos números de partes que exigían tolerancias más cerradas y más controladas, pero con las máquinas con las que hicieron el upgrade si las alcanzamos, con esto se fabricaban las bridas que tienen su complejidad más porque son de materiales que le llaman exóticos, titanio, zinconeles, que eso fue también algo de lo que nos costó mucho trabajo aprender a maquinar, porque al inicio batallamos incluso para conseguir proveedores de herramientas, *¿no las hay en México?*, yo creo que sí pero en aquellos tiempos 2009, 2010 no tan fácil las conseguíamos, cuando hallamos solamente, *¿tuvieron que ser extranjeras?*, tuvieron que ser extranjeras, al inicio nos apoyamos con unos consultores canadienses y a través de ellos conseguíamos las herramientas en Canadá, o con los mismos proveedores de herramientas una vez que entendieron que sus catalogo no estaban completos y se empezaron a apoyar con sus casas distribuidoras de Estados unidos o Canadá, pues preguntado yo tengo este tipo de material para este tipo de producto, tu catalogo en México no lo tienes, te recomiendo este tipo de inserto este tipo de herramientas, y a través de esto comenzamos a trabajar.

La experiencia en contratación fue difícil para esta empresa, sabían que no iba a ser fácil conseguirla, que no iban a conseguir ingenieros de la industria aeroespacial, porque no había, la estrategia que utilizaron fue hacer una combinación, consiguieron gente con experiencia en maquinados de precisión, y les dieron la capacitación para los requerimientos de los procesos de manufactura, fueron preparando y desarrollando personal, dándoles cursos de capacitación en donde los querían enfocar. Contaron con 100 personas a nivel de ingeniería, de esos 100 eran 13 ingenieros que van a la parte manufactura, entre programadores de CNC e ingenieros de manufactura, contaron con cinco ingenieros de calidad, un especialista en el sistema de calidad.

Con respecto a la inversión comentó que fue realizada con capital propio y del mismo grupo. La inversión en el arranque fue en forma gradual (modular), arrancaron con una inversión equipo en 2 mdd, después fueron haciendo más inversiones, para llegar siete u ocho millones de

dólares de compra de paquetes de máquinas adicionales. Las inversiones fueron hechas graduales en forma escalonada por el Grupo KUO.

La experiencia en acceso de fondos de fomento la han tenido con INADEM, más enfocado a transferencia de tecnología, de capacitación, también han tenido apoyos de ProMéxico, de la Secretaria de Desarrollo.

Alaxia estima alcanzar la TIR en 6 años. Se le preguntó adicionalmente que si le convenía a la empresa estar poniendo dinero al proyecto de proveeduría de partes de avión, la respuesta fue que la respuesta era difícil, pero por conveniencia dijo que nadie a nadie le gusta poner dinero sin obtener beneficio alguno, pero lo hicieron, pensaron que había que arrancar el proyecto de alguna forma, comento el Ing. Moncada que no teníamos mucha experiencia, porque no la había en México, también comentó es importante de lo que se está investigando, para que otras personas no batallen como ellos batallaron y eso es lo importante. Tiene la industria aeroespacial también sus ciclos, sus particularidades la forma de hacer negocios, tiene sus ciclos en las ventas también y ciclos en los volúmenes y es algo que no se tiene a la mano, y no están muy acostumbrados, el valor de los productos que hacen nada tiene que ver con los automotrices, no es un producto de alto volumen, es de bajo volumen alto valor, son conceptos que hay que ir entendiendo ya que son totalmente diferentes, el salto del sector de autopartes al aeroespacial se ve natural, por las similitudes en la fabricación de partes, comentó el Ing. Moncada que hay diferencias pero son pocas grandes diferencias, no son muchas diferencias pero son poquitas pero muy grandes, que hay que tenerlas en cuenta, si no se puede caer en muchos errores.

También se le preguntó que recomendación haría y que se requiere para dar el saldo de autopartes a aeroespacial, debido a la experiencia que tienen en los dos sectores, comentó que primero tienen que reconocer el tiempo de la TIR, como obtener la certificación, el tipo de maquinaria que está utilizando, la mano de obra calificada y certificada lo piden los clientes, *¿Quién la certifica la mano de obra?* La certifica la UNAQ, hay algunos que los certificamos con la UNAQ con cursos y otros que nosotros los preparamos y el mismo cliente viene aquí hacerle las pruebas y la certifica y aprueba, nosotros no hemos entrado a la ninguna certificación NADCAP, no tenemos certificado NADCAP, no hacemos procesos especiales de ese tipo de procesos, es más que nada para ensambles pequeños que nosotros hacemos, de sellado, de

remache, de baleros, de graseras, de bujes, subensambles todavía pequeños pero todo ese tipo de sellado, todo ese tipo de instalaciones, de bujes con nitrógeno y calentándolo necesitan la aprobación y visto bueno del cliente, certifica nuestros procesos, el cliente visita la planta y autoriza los procesos que solicita, contamos con alrededor de catorce o diecisiete aprobaciones de diferentes clientes para hacer cosas específicas, ellos nos deben de aprobar el método que utilizamos y cómo hacemos la medición de un chequeo de material (por ejemplo conductividad).

Con respecto a si se puede replicar lo que la empresa Alaxia ha hecho, comentó que si pueden hacer lo que nosotros hemos hecho, pero son el tipo de cosas que hay que considerarlas, no solo decir voy a meterme a los ensambles y mañana voy a ensamblar, tienes que considerar que tienes que preparar a la gente capacitarla y llevarla y que también hay un tiempo de por medio, pero se puede hacer, solo hay que reconocerlo y trabajar. Reconocer que hay un nivel riesgo y evaluarlo, se dieron cuenta que cuando escucharon la palabra riesgo pareciera que es algo que le iba a dañar, pero el chiste es reconocerlo y trabajar para mitigar ese riesgo para saber dónde está, estar al pendiente de saber que se tiene que hacer para mitigar ese riesgo y te apruebas y te certificas y estas vendiendo ese producto.

En la pregunta de cuáles fueron los mayores retos para alcanzar la adaptación en la operación y manufactura, similar al de la industria aeroespacial, comentó el mayor reto es que esta industria es de poco volumen, mucha mezcla, el control y la buena administración de todos los periféricos para poder maquinar, hablamos de herramientas, montaduras, dispositivos, equipos de medición porque constantemente están cambiando, en mi planta de producción constantemente tengo que estar cambiando herramientas y haciendo cambios de modelo, porque yo un requerimiento del mes lo produzco en seis ocho horas, entonces a una máquina le tengo que hacer un cambio de modelo dos o tres veces al día, no es un volumen continuo como el automotriz en el que hago un ajuste y corro siempre mismo, para nosotros lo más importante fue controlar los tiempos y la calidad de todos los periféricos para hacer esos cambios de modelo en forma rápida y bien hecha, que salga la pieza a la primera, esto fue una, el tipo de herramientas, la proveeduría de esas herramientas también fue un reto y por otro lado el otro reto fue todo esto de programación virtual, la manufactura virtual es decir la programación de los CNCs.

En cuanto a la obtención de certificación comentó: curiosamente lo que más nos causó problema o dificultad, fue el tiempo como recurso que se tiene que invertir y quisiéramos que fuera automático, nos llevamos como unos seis siete meses para estar listos para la certificación, fue poco tiempo, comenzamos en marzo o abril y para diciembre ya estábamos listos, porque marzo y abril fue como para evaluar si le entrábamos o no, una vez que hicimos el lanzamiento, en mayo ya habíamos arrancado aunque en julio fue el kick off oficial y de ahí para diciembre nosotros ya lo teníamos listo, trabajamos haciendo un análisis entre lo que pide el ISO TS de la industria automotriz a la industria aeroespacial.

La localización geográfica de la empresa influyó en la toma de decisión para producir aeropartes, consideraron que Bombardier está muy cerca, permitiendo entregar a bajo costo y en poco tiempo.

El material que utilizan es importado entre un 80% a 90%, son materiales de aluminio, acero inoxidable, titanio, zinconel y un poco de plásticos Delre, cuando es un producto de un proyecto nuevo, deben de ser proveedores aprobados por el cliente y buscarlos, se lleva tiempo en hacer una investigación de proveedores aprobados por el cliente, el costo de la materia prima no afecta como proveedor Tier1, 2 y 3.

Alaxia tuvo que hacer adecuaciones en la nave industria otorgada por el Grupo Kuo, con el apoyo de Kuo se agilizaron las mismas, cuidaron que no se contaminaran los materiales. Para dar el salto no solo es inversión en equipo e instalaciones, sino también en el personal capacitado, es el conocimiento, principalmente a nivel de ingeniería, dado que son los que diseñan los métodos.

La recomendación que dio el Ing. Moncada para otras empresas interesadas en proveeduría de aeropartes, es que consideren que son productos de gran valor, son productos que están bien pagados, porque a diferencia de la automotriz que todo el mundo están peleando por el mismo pan, en el sector aeroespacial no, sector en el que alguna empresa de autopartes que esté lista en su momento va a ganar, Alaxia ya alcanza en este séptimo año la tasa interna de retorno.

El Director de *TECNUM* Service (grupo tres), Ing. Guillermo Bonilla, comentó que se dedica manufacturar partes de trenes de aterrizaje y motores, su nivel productivo se ubica en Tier

3. En cuanto a su experiencia en la cadena indicó pro diversificar mercados y contar con menos competencia, se encuentra afiliado a FEMIA y al Aeroclúster de Querétaro. En cuanto a la existencia de la mano de obra especializada en aeronáutica que contrata técnicos mexicanos, la inversión realizada se hizo con capital propio, no ha accedido a fondos de fomento y desarrollo que ofrece el gobierno y/o de la banca, no proporcionó información sobre los rangos de inversión que realizó en su proyecto de proveeduría, al invertir en el proyecto indica que le da mayor valor a su empresa. El principal reto de la empresa fue obtener las certificaciones y la administración propia del proyecto. Para manufacturar aeropartes tuvo que realizar el escalamiento de equipos y comprar nuevos, por medio de estos equipos puede alcanzar las tolerancias exigidas por la OEM.

La inversión para obtener las certificaciones fue mayor y que la nueva cultura de manufactura es costosa. Indicó que la localización geográfica en la que se encuentra su empresa ayuda en la proveeduría, por la cercanía a las empresas aeroespaciales en Querétaro.

La empresa si contribuye a la disminución del peso de avión. El material utilizado es de origen externo, y no han diseñado partes de avión, no hicieron adecuaciones a su planta.

La Directora de *Industrial Tamto de Puebla, S.A. de C.V* (grupo tres), Lic. Verónica Torres, comentó que está en proceso de ser proveedor de las OEM, se dedica a maquinados de precisión, el nivel productivo en el que se ubicará es Tier 3. En cuanto a su experiencia en la cadena indicó que penetrarán en un nicho de mercado diferente y con recurso humano especializado, se encuentra afiliada a la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (FEMIA). En cuanto a la existencia de la mano de obra especializada en aeronáutica, comentó que la pueden conseguir en Puebla y que ellos la preparan de acuerdo a sus necesidades. Sus necesidades de recurso humano está en contar con Ingenieros Industriales, Ingenieros Mecánicos, Ingenieros Químicos y técnicos en maquinados de universidades locales. La inversión realizada se hizo con capital propio, y con parte del gobierno en el arranque del proyecto, no proporcionó información sobre los rangos de inversión. La TIR la alcanzarán en tres años, comentó que ya lo han analizado. El principal reto de la empresa fue separarse de la empresa matriz, y contar con solvencia económica. Comenta que al tener su primer cliente escalaran con maquinaria CNC de punta, cuentan con la certificación AS9100. La Lic. Torres comenta que la obtención de la certificación fue costosa, le llevó un año y que su principal problema fue el idioma en la

obtención, la localización geográfica no es problema para la empresa. En la pregunta sobre si tiene conocimiento de replicado de proveeduría de empresas de autopartes al sector aeroespacial, comentó que tiene conocimiento de que otra empresa en Puebla iba hacer tratamientos térmicos. La empresa no contribuye a la disminución del peso de avión. El material utilizado es de origen nacional y externo. En cuanto a la infraestructura de la nave industrial, comentó que tienen que hacer una nueva nave, en la que se produzcan las partes de avión, hacer nuevas oficinas administrativas, hacer un nuevo laboratorio de medición, van ir invirtiendo de acuerdo a las necesidades del proyecto.

El Director de **Global Composites, S.A.**, Ing. Miguel Ramos (grupo tres), comentó que está en proceso de ser proveedor de las OEM, se dedica a la manufactura de asientos de avión, el nivel productivo en el que se ubicará en la proveeduría aeroespacial es Tier 3, aunque en el sector de autopartes es Tier 1. En cuanto a su experiencia en la cadena indicó que penetrarán en un nicho de mercado diferente y con recurso humano especializado, se encuentra afiliado a la FEMIA, DGC y la FAA. En cuanto a la existencia de la mano de obra especializada en la fabricación de aeropartes, indicó que necesitan personal con especialidad en procesos de fibra de vidrio y en el manejo de la fibra de carbón. La inversión realizada se hizo con capital propio. En relación a la TIR consideran alcanzarla en tres años, el principal motivo de realizar la inversión en el proyecto de proveeduría, es convertirse en proveedor de una industria importante como lo es el sector aeroespacial. El principal reto de la empresa fue acondicionar las nuevas instalaciones en el Parque El Marques, y conseguir mano de obra especializada. Para escalar tecnológicamente tuvo que comprar maquinaria especializada en procesos de manufactura con fibra de vidrio. Con la nueva maquinaria es capaz de cumplir con las especificaciones exigidas por la OEM. Cuenta con la certificación AS9100C, le llevó tiempo el obtener la certificación internacional y la adecuación de las instalaciones. El estar establecida en Querétaro le permite tener costos competitivos y logística de bajo costo.

En la pregunta sobre si tiene conocimiento de replicado de proveeduría de empresas de autopartes al sector aeroespacial, comentó que tiene conocimiento de Alaxia en el área de maquinados y herramental. No tiene problema en la obtención de la materia prima de fibra de

carbón, lo que requiere es materia de fibra de carbón para elaborar prototipos de asientos de avión y ofertarlo a la industria aeroespacial, la materia prima es de China.

El Director de **Procesos Industriales RYMSA, S.A. de C.V.**, Ing. Francisco Arceo D., (grupo tres), comentó que está en proceso de ser proveedor de las OEM, se dedica a la manufactura y reparación de piezas de precisión metal–mecánicas, enfocadas principalmente a la Industria Petrolera (Oil & Gas), Aeronáutica, Agrícola y Construcción, el nivel productivo en el que se ubicará en la proveeduría aeroespacial es Tier 2. En cuanto a su experiencia en la cadena indicó que su interés es diversificar sus productos en otro sector industrial, no tiene ninguna afiliación con alguna asociación o federación. En relación a la existencia de la mano de obra especializada en la fabricación de aeropartes, cuentan con personal mexicano capacitado, algunos de ellos con maestría. La inversión realizada se hizo con capital propio, y el rango fue de 2 mdd. Lo que motivó a esta empresa a convertirse en proveedor fue la invitación de algunas OEM en Querétaro. La TIR la alcanzarán en dos años. El principal reto de la empresa fue implementar la documentación de control de calidad y de manufactura. Para escalar tecnológicamente tuvo que comprar maquinaria especializada tipo CNC, capaz de cumplir con las especificaciones exigidas. El estar en el proceso de certificación para productos aeroespaciales, les abrió las puertas con otros clientes, además no hicieron mucho esfuerzo en la obtención de la certificación. El estar en Querétaro les permite aprovechar los costos bajos en logística. No tiene conocimiento de replicado de proveeduría de otras empresas. La materia prima no es problema para la empresa, la OEM les indica donde comprar, ya sea nacional o extranjera. No tuvieron que adecuar o rentar alguna nave industrial, en sus instalaciones puede fabricar las partes de avión.

En relación al grupo cuatro, una de las instituciones de educación fue la **Universidad Aeronáutica en Querétaro (UNAQ)**, se entrevistó al Ing. Federico Pérez Fuentes, la entrevista se enfocó principalmente en la educación aeronáutica, programas y apoyos en la capacitación de la mano de obra que requiere la industria del sector aeroespacial, la universidad prepara en tres niveles: técnico básico, técnico medio y nivel licenciatura en ingeniería aeronáutica. La universidad en su primer año de operación preparó a 480 estudiantes, egresando durante el periodo 2006 – 2014 aproximadamente 5,000 estudiantes.

La certificación de los estudiantes la otorgan principalmente las empresas contratantes por su nivel de competencia, esto aplica en todos los niveles de preparación, la empresa contratante realiza pruebas prácticas y de conocimiento y basado en esto deciden contratar.

En cuanto a la oferta educativa para el nivel medio (técnico superior universitario), la característica principal es egresar con preparación práctica, una educación personalizada, con vinculación directa con el sector productivo, una formación enriquecida con un fuerte contenido en conocimientos de computación e idiomas, el tiempo de educación se establece en dos años y se egresa con el nivel de:

- Mantenimiento aeronáutico en el área aviónica
- Mantenimiento aeronáutico en el área planeador y motor
- Manufactura aeronáutica en el área de precisión

En el nivel básico se tienen a técnicos preparados en tres meses, y satisfacen los requerimientos de personal capacitado para trabajar en áreas de manufactura en operaciones de taladrado y remachado, entre algunas.

El técnico superior en mantenimiento en el área de aviónica sus competencias de preparación están en el coordinar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de aeronaves, para mantener la aeronavegabilidad y contribuir a la seguridad de la operación aérea, y también el dirigir la operación del taller de aviónica con base en los procedimientos establecidos, políticas de la empresa y la normatividad aplicable. El técnico superior en el área de planeación y motor sus competencias se centran en la coordinación de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de aeronaves, para mantener la aeronavegabilidad y contribuir a la seguridad de la operación aérea y dirigir la reparación de componentes mecánicos de motores aeronáuticos con base en los procedimientos establecidos y las políticas de la empresa. Finalmente las competencias del técnico superior universitario en manufactura aeronáutica en el área de precisión se centran en coordinar procesos de manufactura aeronáutica, métodos y técnicas de fabricación, herramientas de planeación y supervisión y en desarrollar la manufactura de piezas aeronáuticas mecanizadas considerando las especificaciones técnicas, de calidad, equipos y métodos de mecanizado

En ingeniería aeronáutica la oferta educativa está dada en el área de manufactura aeronáutica y su principal competencia radica en plantear, analizar y resolver problemas en forma creativa a partir de sus conocimientos adquiridos, capacidad para realizar investigación científica y desarrollo tecnológico. Asimismo, se ofrece el nivel de maestría en aeroespacial que fue creada a petición de la industria aeroespacial, en 2014 egresó la primera generación.

El Ing. Pérez expresó que el 10% de los egresados de los niveles básicos y medio superior regresan para continuar estudios superiores de licenciatura y posteriormente ingresan a la maestría en aeronáutica. También comentó que Bombardier está desarrollando áreas de diseño de partes para motor principalmente para General Electric y que el personal egresado también tendrá oportunidad de trabajo en ITP turbo reactores en el diseño de partes de turbina. Asimismo, indicó que se tienen dos nuevas carreras, una en ingeniería mecánica aeronáutica y la otra en sistemas electrónicos para aeronaves.

Asimismo, la UNAQ cuenta con laboratorios en los que practican sus estudiantes y que son los mismos equipos con que cuentan las empresas aeronáuticas. La UNAQ cotiza en educación continua, generando una facturación de tres a cuatro millones de pesos en cursos de capacitación y desarrollo de tecnología. En 2014 la UNAQ llevó a cabo once proyectos aeronáuticos, siendo siete proyectos de incubación, tres para la fuerza aérea mexicana y uno para el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Uno de los primeros proyectos desarrollados fue el realizado por la empresa Mobatek, que produce bases para componentes aeronáuticos y que por medio del logro de este proyecto se integró a la cadena de proveeduría del Centro de mantenimiento de Aeroméxico y Delta, también logreando proveer a Airbus Helicopter.

El Ing. Pérez Fuentes comentó que la UNAQ puede incubar empresas del sector autopartes para llevar a cabo proyectos de proveeduría aeroespacial, contestando que sí es posible, recomendando se lleven junto con empresas aceleradoras de negocios (hacia el sector aeronáutico), ligados a INADEM y CONACYT para que las empresas logren la fabricación de partes de avión.

Otra institución del grupo cuatro es el **Laboratorio Nacional Espacial y Automotriz en Querétaro**, se entrevistó al Dr. Saúl Santillán, quien comentó que este centro de investigación y desarrollo pertenece al centro de tecnología avanzada de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, institución educativa que cuenta con capacidades para llevar a cabo innovación y desarrollo, tiene interés en vincularse con el sector aeroespacial para poder resolver problemas de carácter nacional.

El Dr. Santillán comentó que este laboratorio apoyará a ambos sectores principalmente en diseño, por lo que la importancia radica en el diseño de sistemas completo de partes y equipos, por ejemplo, el diseño de una caja de velocidades de automóviles dará empleo y tecnología a México. Asimismo, dijo que investigar el Aeroclúster desarrollado en Canadá por la experiencia que tienen en la proveeduría de partes de avión y que varias de estas partes pueden proceder del sector autopartes. El desarrollo de la proveeduría de partes de avión es sui generis, es muy distinta en responsabilidad civil y aquí es donde se presenta el cambio. También comentó que la Federal Aviation Administration (FAA), entidad gubernamental responsable de la regulación de todos los aspectos de la aviación civil en los Estados Unidos, tiene claro los mecanismos de prueba y aceptación de procesos, desarrollo y normas, quien indica quien puede fabricar partes de avión y quién no. El sector aeronáutico es un grupo cerrado, no es fácil acceder a información por razones de seguridad y de competencia entre el mismo sector.

El Dr. Santillán externó que en el sector aeronáutico es indispensable que las empresas cada dos años se revaliden en cuanto a entrenamiento en mantenimiento, revisiones y calibraciones, y que el laboratorio nacional espacial y automotriz se dedica a capacitar en el área espacial y automotriz en diseño, tomando en cuenta la educación de la mano de obra especializada en la industria espacial, porque a esto van las tendencias de las industrias espacial y automotriz, en donde espera que se cuente con la especialización en diseño de partes, el Dr. Santillán ve que la industria manufacturará más partes de automóviles con mayor especialización de mano de obra.

El centro avanzado en tecnología (CAT) en donde se encuentra el laboratorio, prepara personal que sea capaz de verificar que se cumpla con los requerimientos estrictos que se tienen en la industria aeroespacial.

En el grupo cuatro se tiene al centro *CIDESI*, el Ing. José Gabriel Tort Flores comentó que esta institución es un centro de investigación del Conacyt, proporcionando servicios tecnológicos a empresas que requieran de apoyo en este rubro, en el sector aeroespacial proporciona asistencia a empresas en el seguimiento de estándares A9100C, se encuentra afiliada a FEMIA y a al Aeroclúster de Querétaro. También indicó que la industria aeroespacial está muy controlada y normada por los grandes fabricantes (OEM) y las autoridades aeronáuticas.

El Ing. Tort también indicó que en México existe mano de obra dedicada a la industria aeroespacial de manera limitada y que se requiere aún más personal. Asimismo, en cuanto al rubro de inversión comentó que *CIDESI* es autosustentable en sus proyectos, y no solo sirve a la industria aeroespacial, sin embargo, es el mayor usuario de fondos del programa PEI de Conacyt recurrentemente. *CIDESI* cuenta con equipo de metrología de cuatro y ocho micras de exactitud, para dar apoyo en medición a las industrias de ambos sectores, el personal de esta institución es 100% nacional, aunque existen algunos empleados de origen extranjero.

En relación a la capacitación de mano de obra especializada indicó que las industrias automotriz y aeroespacial conllevan procesos diferentes, no se puede concebir adaptar líneas de producción de una para satisfacer a la otra, son industrias con características muy particulares cada una.

CIDESI obtuvo la certificación de la norma de calidad AS 9100 por parte de la Society of Automotive Engineers (SAE) y del Performance Review Institute (PRI). Para la obtención de estas certificaciones fue necesario un cambio de mentalidad y comportamiento en cuanto a trazabilidad y “disclosure” o reporte voluntario de fallas.

Los materiales que utiliza esta institución en el laboratorio de materiales compuestos se adquieren en el extranjero, y han desarrollado un banco de prueba para enfriamiento interno de álabes de motor de turbina para SNECMA.

6.3 Encadenamiento de los sectores aeroespacial y autopartes en Querétaro

Derivado de los resultados de las entrevistas en la visita de campo a empresas del sector de autopartes y aeroespacial, se procedió a determinar que partes requiere la industria aeroespacial,

e investigar cuáles requiere el sector aeroespacial (ProMéxico, 2015), esto con objeto de conocer que autopartes se pueden producir, la tabla 6.2 muestra las partes demandadas por el sector aeroespacial.

Tabla 6.2: Partes detectadas en el sector aeroespacial

Empresa	Partes de empresas multinacionales con oportunidad de encadenamiento al sector de autopartes				
Bombardier	Partes para motor y componentes	Fuselajes y estabilizadores	Aviónica	Energía eléctrica para avión	Accesorios para cables eléctricos / arneses
Aernnova Aerospace México	Fuselajes y estabilizadores	Ensamblados de partes de avión	Alas	Tren de aterrizaje	
Curtiss Wright Controls Flight Systems	Ensamblados de partes de avión	Alas	Sistemas y equipo de control, de vuelo	Sistemas de carga y accesorios	
I TP Diseño	I y D en aeromotores	I y D en aviónica	I y D en accesorios para cables eléctricos / arneses	I y D en combustible y sistemas de combustión	
Aernnova Componentes México	Fuselajes y estabilizadores	Ensamblados de partes de avión	Alas		
I TP Tubos	Fabricación de algunas partes de aeromotores	I y D en accesorios para cables eléctricos / arneses			
Eurocopter de México Planta Querétaro	Ensamblados de partes de avión				
I TR Turborreactores	Ensamble de aeromotores				
Messier Services Americas	Manufactura de aeromotores: / rotores / plantas de energía				
Snecma America Engine Services	Manufactura de aeromotores y MRO				
Southwest United Galnik	Manufactura de trenes de aterrizaje				

Fuente: Elaboración con datos de ProMéxico

Con datos de la investigación de campo se elaboró la tabla 6.3, que muestra algunos procesos de producción pertenecientes a la cadena de proveeduría de empresas de autopartes entrevistadas en Querétaro, y el nivel de proveeduría en los que se ubican las empresas entrevistadas.

Tabla 6.3: Procesos productivos de las empresas entrevistadas en Querétaro

Empresa	Cadena productiva			Nivel de proveeduría		
Alaxia Aerospace	Partes estructurales y fuselajes	Partes de tren de aterrizaje	Bridas para escape de unión	Tier 3	Tier 2	Tier 1

Axon Interconex	Cables	Conexiones	Arneses	Tier 3	Tier 2
Tecnum	Tren de aterrizaje	Motores		Tier 3	
ETU Turborreactores	Bujes			Tier 3	Tier 1 en Canadá
Global Composites	Asientos de fibra de vidrio			Tier 3	
RYMSA	Maquinados de precisión			Tier 3	
TAMTO de Puebla	Maquinados de precisión			Tier 3	

Fuente: Elaboración propia

Con el conocimiento de que partes requieren las empresas del sector aeroespacial (tabla 6.2), y el conocimiento obtenido en la investigación de campo de que partes las empresas de autopartes son capaces de proveerlas (tabla 6.3), se determinó el encadenamiento mostrado en la figura 6.1, en donde se observa que el sector de autopartes es capaz de manufacturar turbinas, fuselajes, partes para trenes de aterrizaje, partes y estructuras, interiores (asientos y vestiduras) y cables y arneses, con tecnología genérica¹⁸ y con tecnología de proceso¹⁹, las cuáles cumplen con las normas y certificaciones internacionales exigidas por las OEM. Asimismo, se indica el nivel productivo (Tier1, Tier2 y Tier3) de las empresas de autopartes, y su especialización en los maquinados de precisión, fundición, partes de fuselaje, ensambles y subensambles, asientos, arneses y cajas de unión.

¹⁸ Tecnología con la que cuenta el sector de autopartes para proveer procesos certificados.

¹⁹ Tecnología que requiere de escalamiento para elaborar partes específicas con certificación.

Figura 6.1: Partes que pertenecen a la cadena productiva del sector autopartes con posibilidad de participación en proveeduría aeroespacial.

<i>Sector aeroespacial - cadena productiva de partes de avión</i>						
<i>Empresas ensambladoras</i>	Turbinas	Fuselajes	Trenes de aterrizaje	Estructuras	Interiores	Arneses
<i>Tecnologías genéricas</i>	Requerimientos de maquinados/fundición/ensambles	Requerimientos de partes - ensambles - subensambles	Requerimientos de maquinados/ensambles de partes de trenes	Requerimientos de maquinados - ensambles y/o sub ensambles	Requerimientos de textiles y asientos	Requerimientos de manufactura de arneses completos
<i>Tecnologías de proceso</i>	Diseño de partes/combustibles	Diseño de fuselajes - materiales compósitos	Diseño/manufactura	Diseño - Materiales compuestos	Diseño - Nuevos materiales	Diseño
<i>Sector de autopartes - cadena de proveeduría de partes de avión</i>						
<i>Sector de autopartes</i>	Maquinados/fundición/ensambles	Maquinados de partes de fuselaje - ensambles - subensambles	Maquinados - ensambles - manufactura	Maquinados-ensambles y subensambles	Maquinados - ensambles - asientos	Manufactura de arneses y cajas de unión - diseño
	Tier 3 - Tier 2	Tier 3 - Tier 2	Tier 2 — Tier 3	Tier 3	Tier3	Tier 3 - Tier 2

Fuente: Elaboración propia con datos de FEMIA

Utilizando la información de la figura 6.1 y con los resultados obtenidos en la visita de campo, se analizó el encadenamiento productivo por tipo de parte de cada empresa entrevistada:

La empresa **Alaxia Aerospace** provee a Bombardier de partes estructurales, que de acuerdo con la figura 6.1 son producidas con tecnología genérica y como proveedor tier 2. También provee partes de tren de aterrizaje elaboradas con tecnología de proceso en nivel tier 1, bridas para escapes de unión con tecnología genérica en nivel tier 3 y partes de fuselaje en tier 3.

Alaxia con la experiencia de ser proveedor aeroespacial, puede suministrar también partes de tren de aterrizaje a Aernnova, Snecma y a Southwest United Galnik (tabla 6.1). Cuenta con experiencia en maquinado de partes con materiales como aluminio, titanio y plásticos, ha logrado se fijen en ella para hacer negocios de proveeduría aeroespacial.

Otra empresa visitada fue Axon Interconex que manufactura *cables* con producción genérica nivel tier 3, *conexiones* de cableado con producción genérica tier 3 y *arneses* con tecnología genérica y de proceso tier 2, estos tres tipos de productos se pueden encadenar con Bombardier en cables y arneses.

ETU Turborreactores fabrica partes para el tren de aterrizaje (soportes y cojinetes), bujes y anillos con titanio, acero inoxidable y tratamientos térmicos de piezas, de acuerdo a la figura 6.1 su nivel de proveeduría se encuentra en Tier 3 y Tier 2, de acuerdo a la tabla 6.2 puede proveer a Aernnova Aerospace y Southwest United Galnik, contando con *tecnología de procesos* en el diseño de piezas prismáticas.

Tecnum empresa de tamaño micro manufactura trenes de aterrizaje y motores, su nivel de producción Tier 3, provee partes para trenes de aterrizaje y turbinas, maquinados de precisión y programación CNC, ingeniería de precisión, pruebas y certificación, se encadena con empresas terminales como Bombardier, Aernnova Aerospace, ITP Tubos, Messier Services Americas, Snecma América Engine Services y Southwest United Galnik, la tecnología genérica que utiliza para proveer partes se basa en máquinas CNC de cuatro ejes, contando con certificación internacional SA9100C.

Industrial Tamto de Puebla se encuentra localizada en Puebla, integrándose al clúster aeroespacial en Querétaro con tecnología genérica para producir piezas maquinadas de precisión en tornos, piezas de gran tamaño y pequeños componentes, su nivel de proveeduría es Tier 3, su mercado meta está dirigido a empresas Tier 2 y empresas ensambladoras en la manufactura de pequeñas partes. La proveeduría de partes se considera sea para empresas OEM que requieran de maquinados de precisión como Bombardier, Aernnova Aerospace México, ITP Tubos, Messier Services Americas-Safrán, Snecma América Engine Services y Southwest United Galnik.

Procesos Industriales RYMSA fabrica y repara piezas de precisión metalmecánicas para el sector automotriz, contando con el conocimiento para fabricar partes de avión que cumplen con las tolerancias que exige el sector aeroespacial (diez milésimas de pulgada), el nivel de proveeduría para el sector automotriz es Tier 2, el nivel de proveeduría para el sector aeroespacial se encuentra en el nivel Tier 3, con posibilidad de encadenamiento con Bombardier, Aernnova Componentes México, Curtiss Wright Controls Flyght Systems, Aernnova Componentes México, Centro de Ingeniería Avanzada en Turbomáquinas, Eurocopter de México Planta Querétaro e ITR Turborreactores.

Global Composites Manufacturing es una empresa spin off que produce partes de fibra de vidrio para la industria automotriz, y esqueletos de asientos de fibra de vidrio para el sector aeroespacial, su nivel de proveeduría es en el sector automotriz Tier 1, y en el aeroespacial Tier 3. Sus clientes aeroespaciales por la naturaleza del producto (asientos de avión de fibra de vidrio) son las ensambladoras como Bombardier en Querétaro, contando con potencial de mercado para las ensambladoras multinacionales Boeing y Airbus. Cuenta con la certificación internacional AS9100C.

Las empresas de autopartes que se encadenan al sector aeroespacial cuentan con el apoyo de los centros tecnológicos como CIDESI y el Centro Avanzado de Tecnología de la UNAM, quienes dan apoyo en tecnología y servicios de laboratorio, y de la Universidad Aeronáutica en Querétaro.

6.4 Inversión

Una de las empresas que proporcionó información de inversión inicial para el proyecto de proveeduría fue Alaxia Aerospace²⁰ (perteneciente al grupo KUO), con una inversión de \$2,000.000 mdd, para hacer el análisis de la TIR de esta empresa²¹ se tomaron los datos de la Unidad Estratégica de Negocio (UEN) automotriz, presentados en los estados financieros del Grupo Kuo (anexo 2). Esta empresa considera que es importante tomar en cuenta que invertir en investigar permite conocer la viabilidad de llevar a cabo el proyecto, permite gastar antes de cometer errores, ya que es más barato antes que después, tomarlo como inversión no como gasto.

Para el cálculo de la TIR de Alaxia se utilizaron 6 periodos, de acuerdo al informe anual de KUO en 2012, con un valor de salvamento igual a cero, a continuación presentamos el cálculo de la TIR:

La fórmula utilizada en el cálculo de la tasa interna de retorno es:

$$0 = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+TIR)^j}$$

En donde:

I_0 : es la inversión inicial negativa

FN : flujo neto de efectivo

N : número de periodos

TIR : tasa interna de retorno

²⁰ Alaxia operó como parte del Grupo Kuo en Querétaro de 2008 a 2014

²¹ KUO-Informe anual 2012, página 36 en donde se establece que a diciembre de 2012 y 2011 Grupo KUO opera a través de 7 unidades estratégica (UEN) – Porcícola, JV Herdez Del Fuerte, Dynasol, Elastómeros, Plásticos, Power Systems y Aftermarket y 1 proyecto en desarrollo KUO Aerospace, el cual agrupa el Sector Automotriz, sin embargo para 2013 y 2014 se clasificó en otro rubro, al calcular la TIR con estos valores clasificados en forma distinta se obtiene la misma TIR (no cambia).

En forma esquemática se presenta el diagrama de flujo de efectivo para cálculo de la TIR:

		Flujo neto de efectivo antes de impuestos (millones de pesos)					
		53	39	35	35	48	34
		2008	2009	2010	2011	2012	2013
Inversión inicial (mill pesos)	-2						

Utilizando el software Excel se obtuvo la TIR que en promedio es 26.24%, que representa el porcentaje recuperado de la inversión en cada año, para el cálculo de la TIR se utilizaron datos de EBITDA²².

Tamto de Puebla indicó que la inversión en el proyecto lo hizo por medio de aportación del gobierno estatal, recurso gestionado a través de Ciateq, esta empresa también ha recibido fondos de Conacyt y ProMéxico por medio de convocatorias. Considera la empresa alcanzar la TIR en 3 años (la empresa comentó que lo han analizado).

La empresa ITP comentó que ha invertido desde 2011 en la construcción de una nave industrial que fabricará tuberías aeronáuticas para aeronaves, con una inversión de 10 millones de dólares hasta 2015, año en el que espera fabricar 220,000 tubos e incrementar en 200 o más el número de empleados (ITR en Querétaro, 2011).

Global Composites ha invertido con sus propios recursos en el desarrollo de prototipos de asientos de avión, y continúa invirtiendo en el desarrollo de asientos con materiales compósitos, en nuevas instalaciones y equipo (por recomendación de la industria de ensamble).

La inversión de Axon Interconexiones proviene del grupo francés Axon, sin embargo reportaron que han recibido recursos de PRODIAT para certificarse, al igual que Alaxia invirtió \$2 mdd en el proyecto. Considera que su inversión en proveeduría de arneses para avión, responde a las oportunidades que se presentan.

Tecnum Service ha realizado la inversión de proveeduría con sus propios recursos, y considera que la decisión de invertir se debe a proporcionar mayor valor a la empresa.

²² Ebitda es un indicador financiero representado mediante un acrónimo que significa en inglés Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization. Cabe aclarar que la empresa Alaxia está incluida en el informe anual del Grupo KUO, por lo que la TIR es alta (TIR-tipo de interés a 2008= 26.24-8.00=18.24 es aceptable el proyecto).

Procesos Industriales RYMSA ha invertido \$2 mdd en escalamiento tecnológico, adecuación de la planta dedicada a partes de avión y en la elaboración de prototipos de maquinados de precisión.

Es importante mencionar que la mayoría de las empresas entrevistadas no proporcionaron el monto de inversión de su proyecto por razones de privacidad.

Safrán por su parte considera que los retornos de inversión son totalmente distintos entre los sectores autopartes y aeronáutico, la razón es porque en el sector aeronáutico se trabajan series de producción muy cortas, que de manera unitaria pueden costar mucho dinero, porque el riesgo financiero es muy grande.

Es importante reflexionar que para las empresas de autopartes que sean consideran ser proveedoras, es posible correr el riesgo de esperar este tiempo, porque lo atractivo del tipo de inversión a largo plazo reside en considerar su rentabilidad a 20 años, mientras que en el sector de autopartes se toma en cuenta que el periodo de rentabilidad es corto (aproximadamente 3 años).

Las empresas encuestadas como factor común realizan inversiones en maquinaria, mano de obra, equipo de medición, materiales e instalaciones, que son solicitadas por el cliente (OEM), quien exige que el área de manufactura este en un área independiente.

6.5 Capacitación

La capacitación es un elemento esencial en la toma de decisión de las EMN, en virtud de necesitarla para sus procesos de manufactura altamente especializados, y que forma parte de la estructura organizativa de las industrias participantes en el encadenamiento.

La figura 6.2 presenta la cobertura educativa aeroespacial que tiene México, que se conforma con 21 centros educativos dedicados a la preparación de mano de obra aeroespacial.

Figura 6.2: Cobertura educativa aeroespacial en México



Los expertos entrevistados expresan que una empresa proveniente del sector autopartes con deseos de encadenamiento al sector aeronáutico, debe de considerar la cultura en el trabajo, es decir, que los operarios tengan conciencia de que están trabajando con máquinas de tecnología de punta y con materiales especiales como el zirconio y el titanio para la fabricación de aeropartes.

El recurso humano para poder ser considerado como trabajador en la industria manufacturera de partes de avión, tiene primero que ser certificado en la operación del proceso, que otorga la OEM para operaciones sencillas, a través de pruebas prácticas y de conocimiento, considerando también el nivel de competencia.

Aún con la oferta educativa de la UNAQ el sector aeroespacial requiere de contar con más personal calificado en los tres niveles, según lo manifestaron los expertos en la

entrevista de campo, por ejemplo, la empresa Global Composites requerirá de más mano de obra especializada en la manufactura de partes de avión con fibra de carbón.

UNAQ reporta que el 97% de egresados del nivel TSU se encuentran trabajando en el sector aeroespacial, y que el 100% de alumnos de TSU que egresaron en diciembre 2013 y agosto 2014 ya están titulados.

Uno de los objetivos de la UNAQ es conocer la satisfacción de las empresas que contratan a sus egresados, para lo cual durante 2014 tuvo contacto con las principales empresas aeroespaciales en Querétaro, empresas como Aernnova, TechOps, Global Composites, Avemex, Safran, Curtiss Wright, Safran, Bombardier, HYRSA American Steel Crowners & Aerospace, ABC Aerolíneas, PCC Aerostructures, Airbus Helicopters, General Electric (GE) y Aeroperonal, quienes indicaron que su satisfacción con relación al personal contratado fue de un 66.8%.

En cuanto a salarios ganados a nivel de ingeniería egresados de la UNAQ, y que están trabajando en el sector aeroespacial, perciben un salario en promedio de \$12,500.00 (doce mil quinientos pesos 00/100 M.N.) a 2014, para los ingenieros que están trabajando en otros sectores es de \$9,000.00 (nueve mil quinientos pesos 00/100 M.N.) (UNAQ - informe de actividades, 2014).

El salario promedio percibido por los TSU a 2014 y que están trabajando en el sector aeroespacial es de \$9,092.83 (nueve mil noventa y dos pesos 83/100 M.N.), para los egresados que se encuentran trabajando en otros sectores es en promedio de \$4,000.00 (cuatro mil pesos 00/100 M.N.)

En el sector de autopartes en México el salario mínimo de los trabajadores es el establecido por la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos (CONASAMI), el cual en 2014 se estableció para dos zonas geográficas, para el área geográfica “A”, 67.29 pesos diarios, para área geográfica “B”, 63.77 pesos diarios, en comparación con los salarios mínimos del sector automotriz en México la diferencia es grande, lo cual explica porque el sector de autopartes presenta un crecimiento ascendente junto con el sector automotriz (Presidencia de la República, 2014), a partir del primero de enero de 2017 ya se tiene en México un sólo salario mínimo que aplicará en todo el país de 80.04 (SHCP, 2016).

Por otro lado, la empresa aeroespacial Safrán indica que la problemática se centra en los requerimientos de mano de obra por parte de las empresas terminales aeroespaciales,

por lo que la empresa se encuentra colaborando activamente con UNAQ, con objeto de tener mano de obra para áreas específicas de proceso. Safrán está preocupada por la falta de personal que esté preparado en los nuevos procesos productivos, el problema es que no se cuenta con la misma preparación en manufactura de procesos por el personal egresado, por lo que se hace necesario que la capacitación sea más homogénea y estricta, y que dé respuesta a las necesidades la industria terminal.

Safrán comenta que el tiempo mínimo en la capacitación para la producción es de tres meses, y en muchos casos se capacitan hasta por dieciocho meses, y no se da la responsabilidad a una persona en producción hasta que sea aprobada su capacitación, se pruebe su capacidad para poder trabajar en el sector aeronáutico, además de que ser capaz de manufacturar partes de avión que cumplan con las estrictas normas establecidas.

Por otro lado, CIDESI comenta que falta mano de obra especializada e indica que la mano de obra calificada que se incorpora a la Industria Aeroespacial existe de manera limitada, y que se requiere aún de más personal con cuadros calificados y conocedores de la industria aeroespacial, esto muestra la gran oportunidad que tienen los jóvenes para incorporarse al sector aeroespacial en Querétaro, tomando en consideración el nivel de matrícula que puede aceptar la UNAQ y otras instituciones.

El Centro Avanzado en Tecnología (CAT) perteneciente a la UNAM en Querétaro, considera que en el sector aeronáutico es indispensable que las empresas cada dos años se revaliden en cuanto a entrenamiento en mantenimiento, revisiones y calibraciones, y que la especialización en la mano de obra en los sectores automotriz y aeroespacial es la tendencia actual, tendencia en la que se estará en posibilidades de diseñar partes de avión.

En el mismo tenor de ideas que presenta CIDESI, la empresa ETU turborreactores expresa que la mano de obra no es fácil conseguirla, y la dificultad que se tienen al entrenarla es debido a la cultura de operación que trae el personal especializado, la empresa capacita el 100% de sus operarios, la mayoría de su mano de obra está dedicada al sector aeronáutica, la cual proviene de la empresa matriz Turborreactores, el personal faltante lo contrata de los egresados de la UNAQ, principalmente con especialidad en calidad y maquinados de materiales exóticos como el titanio y zinconeles, esta empresa afirma que las universidades deben de capacitar con un mejor nivel de preparación, con calidad y valores, como la lealtad, el compromiso, honestidad y productividad, además de mejorar el

nivel de inglés, el cual debe de ser obligatorio para los TSU. Actualmente la empresa tiene el 3% de ingenieros, el 7% de nivel medio y el restante cuenta con nivel básico. A los trabajadores se les enseña a no esconder las fallas en la producción de partes, haciendo conciencia de que sus productos son ensamblados en aviones, y en estos la gente corre peligro, una pieza mal hecha puede ser causa de accidente, las tolerancias de fabricación alcanzan las diez milésimas de pulgada al procesarse en máquinas CNC (una diez milésima es del grosor de un cabello).

Global Composites cuenta con tres ingenieros industriales y con un experto en manejo de fibra de carbón egresado de la UNAQ, quien está trabajando en un proyecto de fabricación de partes de avión con fibra de carbón. Ésta empresa también requerirá de mano de obra a nivel básico, y afirma que falta mano de obra capacitada, refiriendo a los procesos de fabricación de fibra de carbón (composite material).

Axón cuenta con un ingeniero aeronáutico del Instituto Politécnico Nacional, quien trabajó en la industria automotriz y habla bien el idioma inglés, en general su mano de obra está capacitada en el manejo de máquinas CNC.

La empresa ITP indica que la mano de obra en la industria aeroespacial en Querétaro es insuficiente para las necesidades de la industria, pero que ha contratado a técnicos y a ingenieros aeroespaciales provenientes en su mayoría de la UNAQ.

La empresa Tamto en Puebla cuenta con la mano de obra calificada para los procesos que requiere la industria aeronáutica, afirmando que si cuenta con mano de obra especializada, además de dar empleo a ingenieros industriales, ingenieros mecánicos, ingenieros químicos y técnicos en maquinados provenientes de universidades locales.

Alaxia es la empresa con mayor experiencia en proveeduría de partes de avión, y al estar encadenada al sector aeronáutico, ha podido resolver problemas de mano de obra especializada, la estrategia seguida en cuanto al requerimiento de mano de obra fue conformar tres grupos en forma general, dos de estos grupos preparados en la UNAQ, el tercer grupo lo prepararon o escalaron con cursos especiales. La certificación de la mano de obra la obtuvieron de la empresa ensambladora, el proceso de certificación de la OEM es ir a las instalaciones del proveedor y verificar que la mano de obra realmente esté capacitada en los procesos de manufactura. El escalamiento en mano de obra se dio en esta empresa,

preparando al personal de niveles básicos a niveles de licenciatura aeroespacial, es decir, de operador escala a supervisor, de técnico superior universitario a ingeniero aeroespacial.

Asimismo, Alaxia Aeroespacial cuenta con ingenieros aeroespaciales que provienen del Tecnológico de San Juan del Río, de León y de la UNAQ. En cuanto al escalamiento tecnológico en un principio decidió entrar con equipos nuevos, y al investigar la empresa se dio cuenta de que la maquinaria que utilizaban para manufactura de autopartes no se adaptaba completamente a lo requerido por la industria aeroespacial, por lo que tuvo que comprar y equiparse con equipo tecnológico diferente, la maquinaria que adquirió fue máquinas CNC con una fuerte inversión, por lo que escaló tecnológicamente al dar el salto de autopartes a partes de avión, normalmente en la industria automotriz no se utiliza mucho este tipo de equipo tan especializado, la empresa al escalar en tecnología se enfocó a la manufactura virtual, es decir, a la manufactura especializada con equipo de control numérico que tienen cinco y cuatro ejes, cuando en la industria automotriz no es muy común máquinas con este número de ejes, esta es una de las grandes diferencias en manufactura.

6.6 Certificación

Otro problema que se presenta a las empresas de autopartes para encadenarse al sector aeroespacial, es la obtención de la certificación internacional que les permita producir y proveer partes, el problema está en el cumplimiento de las normas exigidas, el tiempo y su costo.

Para cumplir con las normas de certificación la empresa tiene que considerar la tecnología que se necesita en la manufactura de partes, en virtud de que tienen que cumplir con las especificaciones rigurosas que pide el sector aeroespacial. La investigación de campo reveló que es necesario que las empresas de autopartes consideren llevar a cabo el escalamiento tecnológico en maquinaria y equipo y el escalamiento de la mano de obra.

Las empresas de autopartes que han incursionado en el encadenamiento por medio de la proveeduría de partes, han recibido el respaldo de sus empresas matrices para la obtención de certificación, empresas que tienen solidez financiera.

Empresas del sector de autopartes que no cuenten en su totalidad con respaldo financiero para certificarse, pueden solicitar apoyo a la PNUD-FEMIA, quien otorga fondos hasta por 70% del costo y/o \$100,000 (lo que ocurra primero), el restante lo pone la empresa (PNDU-FEMIA, 2012).

En el caso de la empresa Alaxia Aerospace no se tuvieron problemas de certificación, dado que inició operaciones con la fabricación de partes que no requerían de certificación internacional, y porque la empresa terminal OEM avaló sus procesos de manufactura. El procedimiento seguido por la empresa, fue solicitar la inspección y evaluación de las instalaciones (separadas del área de manufactura de autopartes), maquinaria y equipo y mano de obra capacitada y certificada por alguna institución de educación aeroespacial, por lo que no se certificó con NADCAP, posteriormente al proveer piezas críticas se hizo necesario el obtener la certificación AS9100 (2009) para la fabricación de partes especializadas.

En Alaxia se considera que el conocimiento es lo más importante que debe tener la empresa, dado que este conocimiento proporciona los métodos y mecanismos que se aplicarán directamente en las líneas de producción.

La investigación también encontró que la empresa ETU turborreactores se certificó en Canadá, empresa bien organizada que primero investigó y planeo la producción de bujes para trenes de aterrizaje con procesos controlados, además de contar con una buena calificación en entregas a tiempo. Ésta empresa está consciente que en la proveeduría de partes de avión, la cadena de valor no logra la sinergia o compromiso para desarrollar proveedores nacionales, que es lenta y tiene problemas en el nivel de confianza y en la obtención de certificaciones, las partes fabricadas por la empresa se analizan por medio de pruebas no destructivas, dado que en sus procesos se tienen tratamientos térmicos y de pintura, con estos procesos la empresa obtuvo la calificación y aprobación NADCAP-PRI, la cual llevó tiempo e inversión, teniendo que adecuar líneas de producción y sistemas de documentación, su certificación la tiene como proveedor Tier 2 enviando sus productos al Tier 1 en Canadá. ETU considera que en promedio un avión contiene cinco millones de piezas que forman el ensamble de avión en diez distintos modelos de avión, tanto para aviones de tipo comercial como militar.

ETU obtuvo su certificación AS9100C en un promedio de tres meses para los procesos de maquinados de precisión, la empresa canadiense revisa una vez al año los procesos de la empresa para verificar que continúen con la misma calidad en operaciones.

Grupo ITP México (Industria de Turbo Propulsores) inició operaciones con la certificación NADCAP para servicios de mantenimiento en turbinas de avión y manufactura tubos para motores.

La experiencia y capacidad productiva de Global Composites le permite encadenarse al sector aeroespacial en la fabricación de asientos de avión de fibra de vidrio, cuenta con la certificación AS9100C, que extiende también a la producción de otros productos de fibra de carbón.

Axon quien produce cables planos y arneses para la industria aeroespacial obtuvo la certificación AS9100C después de haber conseguido la ISO 9000 para productos automotrices, esto indica que empresas que desean encadenarse pueden seguir el mismo proceso de obtener primero el ISO9000 y después aplicar a la norma AS9100C (de acuerdo a la parte), ésta empresa verifica los estándares de procesos cada año y la certificación cada dos.

El procedimiento de obtención de la AS9100C por la empresa Tamto de Puebla fue similar al seguido por Axon, primero tuvo la ISO 9000 y después la AS9100C, solo que ésta última le llevó un año en conseguirla, el principal problema que tuvo la empresa en la obtención de la certificación fue el choque de culturas, su principal obstáculo en obtención fue el idioma inglés, la empresa recibió capacitación para la obtención de la certificación con apoyo de CIDESI, y por medio de CIATEQ obtuvo el 75% del costo del proceso de certificación.

La obtención de la certificación internacional para encadenarse al sector aeroespacial, ha servido a empresas como RYMSA para conseguir otros clientes, beneficio que puede ser tomado en cuenta por otras empresas de autopartes, RYMSA en su proceso de obtención de certificación no tuvo problemas en conseguirla, por contar con un sistema de calidad robusto que la llevó a obtenerla con mínimo esfuerzo.

Tecnum empresa que proviene del sector autopartes cuenta con certificación y experiencia en la elaboración partes de avión, la obtención de la certificación tuvo un alto

costo de inversión, y experimentó que el implantar una nueva cultura en la producción de partes especializadas con normas rigurosas es costosa.

Safrán en Querétaro cuenta con certificados internacionales otorgados en Estados Unidos y en Europa, con objeto de proporcionar servicio de mantenimiento y fabricación de partes de avión en pequeña escala.

6.7 Escalamiento tecnológico

Otro problema encontrado es el escalamiento tecnológico, las empresas de autopartes deben de considerar que para manufacturar aeropartes las OEM requieren que cuenten con maquinaria CNC que permita alcanzar las tolerancias en diez milésimas, y que cuenten con máquinas de 4 o 5 ejes.

En el caso de la empresa Alaxia Aerospace al iniciar el proyecto decidieron invertir en equipos nuevos CNC, se dieron cuenta que con los equipos para manufacturar piezas automotrices ,no era posible alcanzar las tolerancias pedidas por las OEM, los equipos adquiridos se programan por medio del sistema CAD/CAM, se enfocaron a la manufactura especializada, tuvieron que invertir en un laboratorio de pruebas para inspección, con equipo CMM de medición up line, además tuvieron que invertir en herramental extranjero.

ITP México como parte de una multinacional recibió de la empresa matriz el equipo para mantenimiento y producción de partes. La empresa ETU escaló en tecnología utilizando parte de la maquinaria que venían usando en la empresa matriz, contando con otras tres máquinas nuevas tipo CNC. TAMTO cuenta con maquinaria CNC de 2 y 3 ejes proveniente de su empresa matriz, con la aprobación del prototipo proceden a la escalación con máquinas CNC de 4 o 5 ejes. Global Composites escalo tecnológicamente comprando nueva maquinaria para la manufactura asientos con fibra de vidrio, en el corto plazo tienen como proyecto elaborar asientos prototipos con fibra de carbón. AXON Interconexiones recibió maquinaria de su empresa matriz en Francia. TECNUM escaló tecnológicamente con la adquisición de nuevos equipos. Procesos Industriales RYMSA escaló con nuevas máquinas CNC para cumplir con las tolerancias pedidas por las OEM.

Capítulo 7. Conclusión

El objetivo de esta investigación fue analizar las condiciones bajo las cuales el sector de autopartes puede llegar a ser proveedor del sector aeroespacial, incluyendo la utilización de sus capacidades tecnológicas, los estándares internacionales de certificación, la mano de obra especializada y las condiciones de inversión consideradas por la empresa.

Como en la hipótesis se consideró que debido al acelerado crecimiento de la industria automotriz y autopartes en México, y al proceso de upgrading industrial sufrido en los últimos años, se puede presentar un escalamiento intersectorial del sector de autopartes hacia el sector aeroespacial.

Querétaro con su ubicación geográfica presenta ventajas competitivas en la proveeduría de aeropartes, dado que las EMN buscan localidades con bajos costos en manufactura y logística de suministro.

La visita de campo a empresas de los sectores de autopartes y aeroespacial, permitió conocer el tipo de partes que requiere la industria aeroespacial y que el sector de autopartes puede proveer²³, después de la visita se procedió a analizar el encadenamiento entre ambos sectores siguiendo la metodología desarrollada por Robert K. Yin.

Uno de los hallazgos que encontramos en las entrevistas con los expertos, es la cultura que tiene la industria de autopartes en la fabricación de partes de avión, detectamos que en algunos centros de manufactura la cultura de la mano de obra es necesario desarrollar y aplicar, en algunas empresas ya proveedoras de aeropartes ha sido un trabajo muy importante de concientización desde los mandos superiores. Todo recurso humano de la empresa proveedora, tiene que tener conciencia de que manufacturan partes de avión, y del riesgo que representa su trabajo para el pasajero de aviones (SLP, 2014).

El problema de obtención de materia prima es otro descubrimiento en esta investigación, que generalmente proviene del exterior, y al desconocimiento que tiene la mano de obra en la transformación de materiales especiales como zirconios y titanios.

La obtención de normas y certificaciones es otra problemática a tomar en cuenta en la toma de decisión a encadenarse, debido a que los procedimientos de obtención llevan tiempo y costo, que son menores si las empresas OEM verifican y certifican en forma

²³ Condiciones tecnológicas, de mano de obra, de inversión y certificación.

directa los procesos de manufactura y la experiencia de la mano de obra, esto facilita su obtención. Aunque las empresas de autopartes ya cuentan con experiencia en certificación para las autopartes, existe una gran diferencia con la certificación de los productos aeroespaciales, normas muy estrictas.

La certificación de procesos y mano de obra la emiten empresas internacionales como NADCAP, quienes proceden a certificar una vez recibida la orden que emite la OEM. Cabe hacer notar que la capacitación o la selección de personal lo realiza la empresa de autopartes. Las empresas provenientes del sector de autopartes que siguieron este proceso fueron Alaxia, Tecnum, ETU Turborreactores y Axon Interconex.

Se encontró que las empresas de autopartes que han conseguido la certificación comentan que ha sido con recursos propios, obstáculo que se facilita al acceder a los apoyos que ofrecen instituciones como la FEMIA, la cual cuenta con esquemas de apoyo financiero. El proceso de obtención de una certificación lleva aproximadamente seis meses de forma administrativa, sin embargo, se tiene que considerar el tiempo de escalación y los cambios que sugiera la empresa certificadora; la obtención de la certificación AS9100C es de solo de tres meses. Algunas empresas entrevistadas *obtienen certificación directa por parte de la empresa terminal aeroespacial, siempre que la función de las partes no sea crítica en la operación del avión*, el procedimiento que se sigue en este tipo de obtención, es que la empresa OEM visite y certifique la operación de maquinado, mano de obra e instalaciones; este procedimiento de certificación permite abastecer de partes de avión prácticamente con un costo bajo, sin embargo, si son partes que la OEM considera que sean certificadas, la empresa proveedora debe certificarse.

Los resultados de la investigación indican que se puede presentar un escalamiento intersectorial entre el sector de autopartes y el aeroespacial, de hecho encontramos tres empresas (Axon, Alaxia y Tecnum).

El escalamiento intersectorial tiende a ser vertical, en donde las empresas de autopartes deben concentrarse en producir bienes de alto valor para la industria aeroespacial, y ubicarse en eslabones que generen mayor valor y mayor ganancia.

Alaxia Aerospace escalo su mano de obra en base a su filosofía de que el conocimiento es lo que escala, por lo que su mano de obra se capacitó en el manejo de la nueva tecnología y manejo de materiales especiales, lo que permitió a su personal ir

escalando de operador base a supervisores e ingenieros. Asimismo, escalo en tecnología por el tipo de productos a elaborar y que exigen que los productos no presenten peligro en su operación (aeronáutico). Por su parte Tamto de Puebla se encuentra en proceso de escalamiento tecnológico, para cumplir con la calidad y tolerancia de las partes de avión, aunque cuentan con maquinaria que puede producir partes básicas de avión. Axon escaló tecnológicamente a través de la transferencia de tecnología de su empresa matriz en Francia. Tecnum Services, Global Composites y Rymsa escalaron por medio de la compra de nuevos equipos.

Respecto a los requisitos de inversión encontramos que las empresas entrevistadas tomaron en cuenta la tasa de retorno de inversión (se considera en promedio siete años), y la inversión en el escalamiento tecnológico con máquinas CNC de 4 o 5 ejes y otros equipos especiales. Alaxia Aerosystems, Global Composites, Tamto de Puebla y ETU Turborreactores adecuaron sus instalaciones que se dedicara expreso en la manufactura de aeropartes, cumpliendo con los requerimientos exigidos por la industria terminal aeroespacial, e invirtieron en la capacitación de la mano de obra y en el diseño y operación de la estructura administrativa. En la visita de campo se encontró que las empresas Tecnum, Rymsa y Axon Interconex ya cuentan con las instalaciones requeridas.

Asimismo, los resultados de la investigación indican que se puede presentar un escalamiento intersectorial entre los sectores de autopartes y aeroespacial, de hecho encontramos tres empresas, Alaxia Aerosystems, Global Composites, Tamto de Puebla y ETU Turborreactores.

Las entrevistas realizadas en la investigación de campo indicaron que aunque los procesos de manufactura son similares, existen diferencias entre las empresas que se dedican expresamente en la manufactura de aeropartes y las que provienen del sector de autopartes, *una de estas diferencias se encuentra en los estrictos requerimientos de maquinado de partes*, en donde se exigen tolerancias de diez milésimas de pulgada.

Encontramos que es muy importante que las empresas de autopartes realicen primeramente un estudio de las aeropartes que pretenden producir, definir el plan de negocios, sobre todo informarse del entorno del modelo de negocio del sector aeroespacial, conocer los riesgos de ser proveedor del sector. La forma de cotización en cada sector es

distinta, en la industria automotriz los pedidos son cortos pero recurrentes y en la aeroespacial son a largo plazo pero de mayor cuantía.

Las empresas pymes que desean dar el salto a la proveeduría de partes de avión, tienen que tomar en cuenta que *la producción de lotes de partes de avión es muy pequeña y con alto costo en su manufactura*, por ejemplo, la compra de una máquina nueva de control numérico de cuatro o cinco ejes tienen precios que varían de 100,000 a cerca de 1 millón de pesos, dependiendo de las características y necesidades tecnológicas de producción. *Asimismo, se tienen que tomar en cuenta los frecuentes cambios de herramental*, en los que se considera el tiempo, costo, materiales de prueba e instalaciones, éstas últimas tienen que estar separadas del resto de los espacios productivos dedicados a la producción de autopartes (de acuerdo a normas aeronáuticas).

Es importante que las empresas de autopartes consideren que la capacitación para manufacturar aeropartes es especializada y diferente a la manufactura de autopartes, el conseguirla no es tarea fácil y requiere de una planeación anticipada, sobre todo cuando se empieza un proyecto de proveeduría aeroespacial. Recomiendan contar con mano de obra capacitada con al menos dos años antes de iniciar operaciones.

Alaxia Aerosystems y ETU Turborreactores comenzaron lograron certificarse al inicio de operaciones con partes básicas en forma directa con las OEM, para procesos y productos considerados básicos como bujes y sujetadores. Las empresas Tecnum, Axon, Rymsa y Tamto consiguieron certificarse con NADCAP, estas empresas capacitaron a sus empleados desde los niveles directivos hasta niveles de técnicos e ingenieros, a través de centros especializados en capacitación administrativa, producción, evaluación de productos, certificación, diseño de herramental, laboratorios y centros de diseño, instalados en Querétaro, como la UNAQ, Cidesi, el Centro Avanzado en Tecnología y la UAQ.

El análisis de la situación de la mano de obra especializada Querétaro permitió conocer el nivel de conocimientos y su disponibilidad de contratación, permitiendo que las EMN tomen en cuenta que el estado ofrece el recurso con las características que solicitan.

La diversificación de mercados es una de las motivaciones que tienen las empresas de autopartes para convertirse en proveedores del sector aeroespacial, porque según los expertos de la industria aeroespacial, los contratos se pactan por lo general a veinte años, mientras que el sector de autopartes los consideran en tres años.

Las empresas de autopartes que produzcan partes de avión en Querétaro, pueden ofertar las aeropartes al mercado exterior (una vez que satisfagan la demanda interna) por medio de la aplicación del modelo de producción de maquila, que tiene las modalidades de maquila pura y maquila Pitex, las cuáles se pueden utilizar para la venta al exterior; en el esquema de maquila pura, la empresa aeroespacial envía el material a la empresa de autopartes en Querétaro, quien procede a producir y la regresa terminada, la ventaja de este tipo de producción es aprovechar las instalaciones, maquinaria y equipo, mano de obra especializada, certificaciones y acortar el plazo del retorno de inversión; en el modelo de maquila Pitex, la empresa de autopartes compra el material lo transforma y la envía al cliente exterior. La ventaja de utilizar estos tipos de producción es no pagar impuestos como el IVA, esto se debe a que el producto es vendido en el exterior, esto permite a las empresas de autopartes vender partes de avión al exterior en forma competitiva.

Es factible considerar que empresas proveedoras de autopartes al sector aeroespacial e instituciones de educación especializada impartan seminarios, con objeto de capacitar a empresas de autopartes con interés en este tipo de proyectos. Empresas entrevistadas en la investigación de campo expresaron interés en este tipo de seminarios, consideran que es un medio para que empresas que se interesen en participar como proveedores de la industria aeroespacial, tengan el conocimiento del procedimiento a seguir y tengan elementos de decisión para llevar a cabo el proyecto de proveeduría. La Universidad Aeroespacial en Querétaro podría participar con personal experto en el sector aeroespacial, así lo expresaron en la visita de campo realizada a sus instalaciones. También es posible contar con empresas ya proveedoras de aeropartes, para que impartan las experiencias que tuvieron en su camino al encadenamiento aeroespacial.

Como limitación en esta investigación de campo, fue la disponibilidad que presentaron algunas empresas aeroespaciales en permitir entrevistas y proporcionar información, por ser un sector productor de partes con alto riesgo, con alta seguridad de operación, y confidencialidad en cuanto a tecnología y diseño de partes (secretaría). Otra limitación fue tener un número reducido de empresas a encuestar que conforman los sectores aeroespaciales y de autopartes. Asimismo, se tuvo la limitante de que empresas públicas y privadas del sector aeroespacial no cuentan con información suficiente que permita una investigación a profundidad que requirió esta investigación.

Las oportunidades de proveeduría de acuerdo a FEMIA se presentan en el ciclo de crecimiento de la demanda, donde Boeing y Airbus controlan los estándares de mercado y ofrecen pedidos de compra para aproximadamente siete años.

La información secundaria nos deja ver que la exportación de partes de avión de México a empresas ensambladoras en Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea creció durante el período 2013 – 2014, lo que indica que la industria de manufactura de partes de avión está creciendo en forma acelerada, y presenta una gran oportunidad para industria de autopartes de considerar su encadenamiento a la industria aeroespacial.

Las empresas Bombardier, Embraer, Mitsubishi, Sukhoi e Irkut, Comac y Avic, presentan demandas de aviones en cinco años a partir de 2016, por su parte las empresas Cessna, Hacker Beechcraft, Dassault, Gulfstream, Grumman, Bell, Sikorsky, Augusta y Eurocopter demandarán aviones privados y helicópteros por tres años, esta demanda presenta la oportunidad para las empresas proveedoras de tener pedidos de partes de avión para un horizonte de veinte años.

El análisis de las cadenas de valor de los sectores aeroespacial y de autopartes nos permitió comprender que es posible lograr el encadenamiento entre los sectores de autopartes y aeroespacial, a través del conocimiento del consumo de autopartes y del conocimiento de las partes que el sector de autopartes puede manufacturar, esto *permitted determinar que partes satisfacen la demanda del sector aeroespacial y que pueden ser provistas por las empresas de autopartes, siendo principalmente maquinados y subensambles de partes para turbinas, fuselajes, trenes de aterrizaje, estructuras de alas y asientos de avión.*

Bibliografía

- A. T. Kearney. (2008). *Integrated Value Chains in Aerospace and Defense*. Recuperado el 31 de Octubre de 2014, de https://www.aia-aerospace.org/assets/smc_wp-valuechains.pdf
- Abonyi, G. (Marzo de 2007). *Introduction to the Globalisation of Production*. (D. o. Program, Ed.) Recuperado el 16 de Mayo de 2016, de http://www.carecprogram.org/uploads/events/2007/Regional-Cooperation-Learning-Program/010_111_209_Day1-Intro-Globalization-GVC-IPN-Primer.pdf
- Aenor 30. (2010). Recuperado el 13 de Junio de 2016, de http://www.aenor.es/aenor/certificacion/calidad/calidad_9004.asp#.V18K_aKTbrY
- Aeroespacial, L. i. (2007). Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de <https://www.aero.upm.es/departamentos/economia/investiga/Informe%202007/menu.html>
- AeroStrategy. (Noviembre de 2009). *Aerospace Globalization 2.0: Implications for Canada's Aerospace Industry*. Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de <http://www.slideshare.net/reyyandemir/2009-globalization-for-canadian-aerospace-aerostrategyreyyandemir>
- Aguilar Valenzuela, R. (28 de Septiembre de 2014). *Crece la Industria Aeroespacial*. Recuperado el 25 de Octubre de 2014, de <http://eleconomista.com.mx/columnas/columna-especial-politica/2014/09/28/crece-industria-aeroespacial>
- Airbus. (September de 2011). (G. M. 2011-2030, Ed.) Recuperado el 23 de Septiembre de 2014, de http://www.team.aero/images/aviation_data_insert/Airbus_GMF_2011-2030_delivering_the_future_-_press_conference_presentation.pdf
- Airbus. (11 de Septiembre de 2011). Demanda en los próximos 20 años. *Press Centre*. Recuperado el 23 de Marzo de 2016, de <http://www.airbus.com/presscentre/pressreleases/press-release-detail/detail/airbus-preve-una-demanda-de-27800-aviones-en-los-proximos-20-anos/>
- Alto nivel. (31 de Octubre de 2013). *Las 20 firmas aeronáuticas mas grandes del mundo*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2014, de <http://www.altonivel.com.mx/37913-las-20-firmas-aeronauticas-mas-grandes-del-mundo.html>
- Alto Nivel. (28 de Octubre de 2015). *Industria aeroespacial: ¿Generadora o maquiladora?* Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de <http://www.altonivel.com.mx/54142-industria-aeroespacial-generadora-o-maquiladora>
- ANUIES. (2013). Recuperado el 18 de Diciembre de 2013, de <http://www.anuies.mx/content.php?varSectionID=166>
- Arredondo, J. P. (2014). *Newsweek en Español*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2014, de <http://www.newsweek.mx/index.php/articulo/6394#.VA905RY3otl>
- Bancomext. (Abril-Junio de 2016). La industria aeroespacial y el despegue de la productividad en México. *Comercio Exterior*. Recuperado el 7 de Junio de 2016, de <http://revistacomercioexterior.com/articulo.php?id=54&t=la-industria-aeroespacial-y-el-despegue-de-la-productividad-en-mexico>

- Banguero, H. (Junio de 2008). Un marco conceptual para el análisis del entorno económico de la empresa. Recuperado el 13 de Abril de 2016, de <http://ingenieria.uao.edu.co/hombreymaquina/revistas/30%202008-1/Articulo%205%20H&M-30.pdf>
- Boeing. (2014). *Current Market Outlook 2014 - 2033*. Recuperado el 23 de Marzo de 2016, de http://www.boeing.com/assets/pdf/commercial/cmo/pdf/Boeing_Current_Market_Outlook_2014.pdf
- Bridging*. (19 de noviembre de 2008). Recuperado el 26 de junio de 2014, de <http://www.craigslist.com/article/20081119/BRIDGING96/311199998>
- Brown - Domínguez. (2015). *Organización industrial, teoría y aplicaciones al caso mexicano*. (F. d. UNAM, Ed.) México, Ciudad de México. Recuperado el 4 de Junio de 2016, de <http://ru.economia.unam.mx/id/eprint/5>
- Brown-Grossman, F., & Domínguez-Villalobos, L. (2012). Recuperado el 15 de Octubre de 2014
- Business the Business Newspaper of Metro Grand Rapids. (17 de November de 2008). *Business the Business Newspaper of Metro Grand Rapids*, 26(47). Recuperado el 26 de Junio de 2014, de http://www.observatoriodelaingenieria.org.mx/ing_det.php?Tema=Nichos&Nicho=1
- Captain, T. (2014). *Deloitte*. Recuperado el 20 de Abril de 2016, de <http://www2.deloitte.com/us/en/pages/manufacturing/articles/us-aerospace-defense-labor-market.html?linkId=21349183>
- Carrillo - Gomis. (2009). *Corporaciones multinacionales en México: Un primer Mapeo*. Recuperado el 26 de Marzo de 2016, de <http://www.colef.mx/jorgecarrillo/wp-content/uploads/2012/04/PU337.pdf>
- Casalet. (2013). *La Industria Aeroespacial: Complejidad productiva e institucional*. México. Recuperado el 18 de Mayo de 2016
- Casalet Ravenna, M. (s.f.). Recuperado el 17 de Enero de 2014, de Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL): http://www.cepal.org/ddpe/agenda/5/43985/Monica_Casalet.pdf
- Casalet, M. (s.f.). http://www.cepal.org/ddpe/agenda/5/43985/Monica_Casalet.pdf. Recuperado el 27 de Junio de 2014
- Casalet, M. (s.f.). <http://www.flacso.edu.mx/publicaciones/novedades/La-industria-aeroespacial>. (F. MÉXICO, Editor) Recuperado el 27 de Junio de 2014
- Casalet, M., Buenrostro, E., Stezano, F., Oliver, R., & Abelenda, L. (Diciembre de 2011). *Evolución y complejidad en el desarrollo de encadenamientos productivos en México*. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de CEPAL: <http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/3/45413/P45413.xml&xsl=/ddpe/tpl/p9f.xsl>
- CENATA. (8 de Agosto de 2013). *Manufactura - Información estratégica para la industria*. Recuperado el 2 de Noiviembre de 2014, de <http://www.manufactura.mx/industria/2013/08/21/centro-de-tecnologia-impulsara-al-sector-aeroespacial>

- Centro de estudios de competitividad. (2014). Recuperado el 22 de octubre de 2014, de http://cec.itam.mx/docs/Autopartes_Mexico.pdf
- Chandler-Redlich. (1961). Recuperado el 15 de Julio de 2016
- CIAE. (Octubre de 2010). *Centro de Innovación en Manufactura Aeroespacial*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2014
- CNN. (7 de Abril de 2013). Recuperado el 7 de Noviembre de 2014, de <http://cnnespanol.cnn.com/2013/04/07/las-12-innovaciones-que-haran-que-volar-sea-todo-un-placer/>
- COMEA - FEMIA. (Noviembre de 2012). *Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial*. Recuperado el 28 de Agosto de 2015, de http://virtual.cudi.edu.mx:8080/access/content/group/733b22c8-5ec4-49a8-a90a-9989a1f5109d/dias_virtuales/2012_11_13/Miguel_alvarez_COMEA.pdf
- Comercio-Exterior. (Abril-Junio de 2016). Recuperado el 13 de Junio de 2016, de <http://revistacomercioexterior.com/articulo.php?id=54&t=la-industria-aeroespacial-y-el-despegue-de-la-productividad-en-mexico>
- Competitive Alternatives. (Enero de 2014). Recuperado el 5 de Octubre de 2014, de Mexico the lowest-cost country examined, is the only highgrowth (emerging) country included in the study. As a NAFTA member, Mexico's 18.7 percent cost advantage over the United States in 2014 is similar to 2010. With little change in the value of the Mexican
- Competitive Alternatives KPMG's. (2014). *A Guide to Business Location Costs*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2014, de http://www.competitivealternatives.com/reports/2014_compalt_execsum_en.pdf
- Conalep-Querétaro. (2014). Recuperado el 11 de Octubre de 2014, de http://www.conalepqueretaro.edu.mx/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=7&Itemid=43
- Consultores internacionales, S.C. (30 de junio de 2015). Recuperado el 26 de Abril de 2016, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58971/186-1299_Federacion_Mexicana_de_la_Industria_Aeroespacial_C.V..pdf
- Consultoría Empresarial. (23 de Septiembre de 2014). Recuperado el 23 de Septiembre de 2014, de http://www.ceconsultmx.com/website/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=29
- Consultoría Empresarial. (24 de Septiembre de 2014). Recuperado el 24 de Septiembre de 2014, de http://www.ceconsultmx.com/website/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=29
- Cotidiano. (14 de Julio de 2015). Recuperado el 11 de Junio de 2016, de <http://www.eslocotidiano.com/articulo/sociedad/presentan-valor-mercado-aeroespacial-mundial-2033/20150714210734021427.html>
- Covarrubias Valdenebro, A. (Marzo de 2014). Recuperado el 19 de Septiembre de 2015, de <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/mexiko/10645.pdf>

- Data, O. (2015). *OECD*. doi:10.1787/997c8750-en (Accessed on 22 April 2016)
- Deloitte. (Mayo de 2015). Recuperado el 16 de Junio de 2016, de <http://www2.deloitte.com/mx/es/industries/manufacturing.html>
- DENUE. (2014). Recuperado el 21 de Octubre de 2014
- DGIPAT. (Marzo de 2012). *Monografía de la Industria Aeronáutica*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2014, de http://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Industria_Aeronautica.pdf
- Diario oficial de la Federación. (30 de Julio de 2010). Recuperado el 2 de Noviembre de 2014, de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5153806&fecha=30/07/2010
- Dra. María de Lourdes Álvarez Medina, Dra. Isabel Rueda Peiro. (2011). *La industria automotriz en época de crisis*. México: Instituto de investigaciones económicas.
- Economía / México. (2014). México entre los principales países de la industria aeroespacial: ProMéxico. *En la mira*. Recuperado el 17 de Abril de 2016, de <http://www.enla-mira-noticias.com/2015/07/economiamexico-entre-los-principales.html>
- Economía, E. d. (2009). Empresa multinacional. Recuperado el 26 de Marzo de 2016, de <http://www.economia48.com/spa/d/empresa-multinacional/empresa-multinacional.htm>
- Económico, A. (2009). XXIV(57), Tercer cuatrimestre. Recuperado el 27 de Abril de 2014
- Economísta, E. (5 de Octubre de 2012). Recuperado el 8 de Octubre de 2014, de <http://elempresario.mx/actualidad/mexico-sera-puntal-sector-aeroespacial>
- Edwards - Marginson - Ferner. (2013). *Multinational Company in Cross-National Context*. Recuperado el 26 de Marzo de 2016
- Eichner, 2. e. (Noviembre-diciembre de 2013). Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/383/04gustavoycarlos.pdf>
- El Economísta. (28 de Julio de 2015). Recuperado el 16 de Junio de 2016, de <http://eleconomista.com.mx/columnas/columna-especial-politica/2015/07/28/futuro-industria-aeroespacial>
- El Economista. (27 de Noviembre de 2015). *Industrias*. Recuperado el 20 de Abril de 2016, de <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/11/27/aeroespacial-solo-1-valor-agregado>
- El Economísta. (28 de Julio de 2015). *Opinión y análisis*. Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de <http://eleconomista.com.mx/columnas/columna-especial-politica/2015/07/28/futuro-industria-aeroespacial>
- El Financiero. (14 de Septiembre de 2014). Recuperado el 4 de Junio de 2016, de <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/empresas-aeroespaciales-nacionales-se-triplicaran-en-2020-estiman.html>
- El Financiero. (22 de Junio de 2015). Sector aeroespacial es una promesa de generación de empleo para México. Recuperado el 22 de Abril de 2016, de

<http://www.elfinanciero.com.mx/economia/sector-aeroespacial-es-una-promesa-de-generacion-de-empleo-para-mexico.html>

- El Financiero. (4 de Febrero de 2016). Recuperado el 15 de Junio de 2016, de <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/produccion-de-autopartes-alcanza-valor-de-85-mil-mdd.html>
- Exterior, B. N. (Enero - Marzo de 2016). *Premio Revista de Comercio Exterior*. Recuperado el 23 de Marzo de 2016, de <http://revistacomercioexterior.com/articulo.php?id=54&t=la-industria-aeroespacial-y-el-despegue-de-la-productividad-en-mexico>
- FEMIA. (2012). Recuperado el 14 de Junio de 2016, de http://economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/PROAEREO-12-03-2012.pdf
- Forbes. (15 de Abril de 2015). Recuperado el 15 de Junio de 2016, de <http://www.forbes.com.mx/autopartes-en-mexico-una-industria-de-81500-mdd/>
- Fumec. (2010). Recuperado el 16 de Junio de 2016, de <http://fumec.org.mx/v6/htdocs/5nichos.pdf>
- Fumec, & Comecylt. (2009). *El fortalecimiento y articulación de la cadena de valor de la industria aeronáutica en el Estado de México*. Recuperado el 11 de Octubre de 2014, de <http://fumec.org.mx/v6/htdocs/5nichos.pdf>
- Futurist. (22 de Julio de 2013). Recuperado el 5 de Octubre de 2014, de <http://futurist.mx.temp.realsl.com/Administradordedocumentos/tabid/95/ArticleID/60/M%C3%A9xico-ALTOS-VUELOS-EN-EL-SECTOR-AEROESPACIAL.aspx>
- Gereffi. (Abril-Junio de 2001). (UNAM, Ed.) *Portal de revistas científicas y arbitradas de la UNAM*, 32(125). Recuperado el 18 de Enero de 2014, de <http://revistas.unam.mx/index.php/pde/article/view/7389/6884>
- Gereffi. (Diciembre de 2011). GVC. Recuperado el 8 de Marzo de 2014, de http://www.cggc.duke.edu/pdfs/14_DIC_2012_Duke_CGGC_Manual_DEL_GVC_Version_corta.pdf
- Gereffi, & Fernández-Stark. (2011). Durham, North Carolina, USA: Center on Globalization, Governance & Competitiveness (CGGC). Recuperado el 17 de Abril de 2014
- Gereffi, G. (Junio de 1999). (I. d. Económicas, Ed.) *JOURNAL OF INTERNATIONAL ECONOMICS*, 48(1), 37-70. Recuperado el 16 de Mayo de 2016, de http://www.soc.duke.edu/~ggere/web/gereffi_jie_june_1999.pdf
- Gereffi, G. (12 de Agosto de 1999). Recuperado el 15 de Julio de 2016, de <https://www.ids.ac.uk/ids/global/pdfs/gereffi.pdf>
- Gereffi, G., & Korzeniewicz, M. (1994). *Commodity Chains and Global Capitalism*. (G. a. Korzeniewicz, Ed.) Westport, Connecticut: Praeger Publishers. Recuperado el 16 de Mayo de 2016
- Gereffi, G., Humphrey, J., & Sturgeon, T. (2005). The governance of global value chains., *I2*, págs. 78 - 104. doi:10.1080/09692290500049805

- Gereffi, Gary. (2001). *Globalisation and Trade: Implications for Exports from Marginalised Economies*. (O. Morrissey, & I. Ilatotchev, Edits.) London, England: Frank Kass. Recuperado el 12 de Septiembre de 2013, de http://books.google.com.mx/books?id=GFyfUoJjsZ4C&pg=PA193&lpg=PA193&dq=Gereffi+%281994%3A%20114%29&source=bl&ots=2xm-YZpD_3&sig=4m8GNikny6p_06r7E_mgQe8pA9M&hl=es-419&sa=X&ei=uEAaVLPvBK88QHvLYGoCQ&ved=0CB4Q6AEwAA#v=onepage&q=Gereffi%20%281994%3A%20114%29&f=fa
- Global-Market-Forecast. (Septiembre de 2013). Recuperado el 11 de Junio de 2016, de https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiP1O_jvaHNAhUMGFIKHcSjC6QQFggdMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.airbusgroup.com%2Fdam%2Fassets%2FAirbusgroup%2Fint%2Fen%2Finvestor-relations%2Fdocuments%2F2013%2FAirbus_G
- González, G. (2009). Ganancias de competitividad: un enfoque agregado y de largo plazo. *Análisis económico*, XXIV(57), 200. Recuperado el 19 de Marzo de 2013
- Groover, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna*. Naucalpan, Estado de México, México: Prentice Hall. Recuperado el 2 de Noviembre de 2014
- Hoover's data base. (31 de Octubre de 2014). Recuperado el 5 de Noviembre de 2014, de <http://www.hoovers.com/>
- Hualde - Carrillo. (2007). *Diagnóstico de la industria aeroespacial en Baja*. Tijuana, Baja California, México: Colegio de la Frontera Norte. Recuperado el 26 de junio de 2013
- Hubert, S., & Humprey, J. (2002). *How Does Insertion in Global Value Chains Affect Upgrading in Industrial clusters?* Recuperado el 15 de Noviembre de 2013
- IATA. (16 de Abril de 2009). *Acuerdo con la CEI para mejorar la seguridad aérea*. Recuperado el 11 de Octubre de 2014, de http://www.iata.org/pressroom/Documents/Spanish%20release_2009-04-16-01.pdf
- Industria Aeroespacial Mexicana. (2014). Recuperado el 8 de Octubre de 2014, de https://www.google.com.mx/?gws_rd=ssl#q=Plan+de+Vuelo%2C+Industria+aeroespacial+de+M%C3%A9xico%2C+Mapa+de+Ruta%2C+ProM%C3%A9xico
- Industria Aeronáutica en México. (Junio de 2011). *Industria aeronáutica en México*. Recuperado el 5 de Octubre de 2014, de http://www.economia.gob.mx/files/Industria_Aeronautica_Mexico.pdf
- Industria Aeronáutica en México. (Marzo de 2012). Recuperado el 13 de Junio de 2016, de http://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Industria_Aeronautica.pdf
- Industrializando. (10 de Agosto de 2015). Recuperado el 15 de Junio de 2016, de <http://www.industrializando.com/datos.php?tabla=contenido&referencia=574&>
- INEGI - 2014. (s.f.). *Banco de Información Económica*. (INEGI, Ed.) Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/default.aspx>

- INEGI 2015. (2014 3T). Recuperado el 9 de Septiembre de 2015, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=22>
- INEGI-DENUE 2014. (2015). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2015, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx#>
- ITC, & Comtrade, U. (2014). *Comercio internacional*. Recuperado el 17 de Abril de 2016, de Trade Map: <http://www.trademap.org/Index.aspx>
- ITESM Puebla. (29 de Septiembre de 2014). Recuperado el 25 de Octubre de 2014, de <http://angulo7.com.mx/index.php/educacion/10620-mexico-fabrica-85-de-piezas-para-sector-aeroespacial>
- ITF. (2012). *ITF*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de <http://www.itfcongress2014.org/sites/events.itfglobal.org.congress/files/documents/La%20cadena%20de%20suministro%20aerona%CC%81utica.pdf>
- ITR en Querétaro. (11 de Octubre de 2011). Recuperado el 12 de Septiembre de 2015, de <http://eleconomista.com.mx/estados/2011/10/11/itr-amplia-sus-instalaciones-queretaro>
- Jorge Carrillo. Redi Gomis. (Abril de 2012). <http://www.colef.mx/jorgecarrillo/wp-content/uploads/2012/04/PU337.pdf>. Recuperado el 27 de Junio de 2014
- Kaplinski - Morris. (2009). (I. G. Caló, Trad.) Recuperado el 22 de Noviembre de 2013, de <http://pablosaraviatasayco.files.wordpress.com/2013/02/kaplinsky-manual-completo-rev-4-2010doc.pdf>
- Kaplinsky, R., & Readman, J. (2001). *Integrating SMEs in Global Value Chains*. Recuperado el 19 de Febrero de 2014
- Kearney , A. (2008). Recuperado el 12 de Octubre de 2014, de https://www.aia-aerospace.org/assets/smc_wp-valuechains.pdf
- Kearney, A. (Septiembre de 2013). *New Face of the A&D Industries*. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de http://www.atkearney.com/aerospace-defense/featured-article/-/asset_publisher/S5UkO0zy0vnu/content/new-face-of-the-a-d-industry-victors-victims-and-survivors/10192
- Kelly. (26 de Octubre de 2015). Recuperado el 15 de Junio de 2016, de <http://capitalhumanoflexible.com/estructura-de-la-industria-aeroespacial-en-mexico/>
- Kierzkowski-Jones. (Junio de 2004). *North American Journal of Economics and Finance*. Recuperado el 19 de Enero de 2014
- Kosacoff, B., & López, A. (2008). Recuperado el 15 de Octubre de 2014
- Koulopoulos, T. (2014). *Navegar en la nube: Una nueva forma de pensar sobre el riesgo, la innovación el crecimiento y el éxito*. Abril, 1: Oceano. Recuperado el 26 de Octubre de 2014

- La Ingeniería en la Industria Aeroespacial. (Enero de 2013). *Monografía de la Industria Aeronáutica*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2014, de http://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Industria_Aeronautica.pdf
- López. (2012). País Vasco, España: Orkestra Instituto Vasco de Competitividad Fundación Deusto. Recuperado el 26 de junio de 2013
- Manufatura. (29 de Julio de 2009). Recuperado el 16 de Noviembre de 2013, de <http://www.manufatura.mx/industria/2009/07/29/la-industria-aeronutica-se-reinventa>
- Manufatura. (11 de Septiembre de 2010). *Tendencias de la cadena de valor*. Recuperado el 12 de Agosto de 2013, de <http://www.manufatura.mx/industria/2010/09/10/tendencias-en-la-cadena-de-valor>
- Manufatura. (19 de Octubre de 2011). Recuperado el 8 de Octubre de 2014, de <http://www.manufatura.mx/industria/2011/10/19/politica-industrial-necesaria-en-mexico>
- Marshall - Miranda - Muñóz. (2011). *Distritos y Clústers en la Europa del Sur*. Madrid, España: LID Editorial. Recuperado el 18 de Mayo de 2016
- Medina Ramírez, S. (2009). *Comercio Exterior*. Recuperado el 31 de Octubre de 2014, de http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/151/1/Nov-Dic_3-9.pdf
- Medina Ramírez, S. (Noviembre-Diciembre de 2012). *El despegue de la industria aeroespacial en México*. Recuperado el 8 de Octubre de 2014, de http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/151/1/Nov-Dic_3-9.pdf
- Mexico Now. (Septiembre de 2014). Aerospace. (72). Recuperado el 5 de Noviembre de 2014, de <http://www.mexico-now.com/>
- Méxiconow. (2 de Agosto de 2015). Industria aeroespacial invertiría 1,100 mdd. *El Financiero*. Recuperado el 8 de Mayo de 2016, de <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/industria-aeroespacial-invertiria-100-mdd-en-mexico-para-2015.html>
- Modern Machine Shop. (Octubre de 2015). *I*(8). Recuperado el 4 de Noviembre de 2015
- Modern Machine Shop. (9 de Marzo de 2016). Recuperado el 13 de Junio de 2016, de <http://www.mms-mexico.com/articles/industria-aeroespacial-mexicana-panorama-2016>
- Montero Montoya, R. (2008). *La liberalización del transporte aéreo mexicano*. México, Distrito Federal, México: UNAM - Facultad de Derecho. Recuperado el 11 de Octubre de 2014
- Morales, R. (27 de Noviembre de 2015). *En la mira noticias*. Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de Economía/México, entre los principales países de la industria aeroespacial: ProMéxico: <http://www.enla-mira-noticias.com/2015/07/economiamexico-entre-los-principales.html>
- Morán. (Enero de 2013). Recuperado el 26 de junio de 2014, de <http://www.observatoriodelaingenieria.org.mx/docs/pdf/5ta.%20Etapa/15.La%20ingenier%C3%ADa%20en%20la%20industria%20aeroespacial%20en%20M%C3%A9xico.pdf>
- Morán Moguel, C. A. (Enero de 2013). La Ingeniería en la Industria Aeroespacial. *Academia de Ingeniería de México*. Recuperado el 8 de Enero de 2014

- Morán, & Mayo. (Enero de 2013). Industria Aeroespacial. (Conacyt, Ed.) *Business the Business Newspaper of Metro Grand Rapids*. Recuperado el 26 de Junio de 2014, de http://www.observatoriodelaingenieria.org.mx/ing_det.php?Tema=Nichos&Nicho=1
- Moran, E., & Delloite. (2015 de Septiembre de 2015). La Industria Aeroespacial y la Reforma Fiscal. Recuperado el 20 de Abril de 2016
- NAD-Global. (6 de Diciembre de 2013). *Logística, Comercio exterior y Aduanas*. Recuperado el 31 de Octubre de 2014, de <http://www.nadglobal.com/1/category/certificaciones/1>
- Nava Arrieta, J. C. (6 de Diciembre de 2013). *NAD Aéreo Bajío*. Recuperado el 4 de Marzo de 2014, de <http://www.nadglobal.com/blog/la-oportunidad-del-sector-aeroespacial-en-mxico>
- (2012). *Navigating the future*. Tendencia aeroespacial, COO, Customers. Recuperado el 21 de Octubre de 2013, de http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CDEQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.airbus-group.com%2Fdms%2Fairbusgroup%2Fint%2Fen%2Finvestor-relations%2Fdocuments%2F2012%2Fpresentations%2FAirbus_Global_Market_Forecast_201
- Notimex, A. (15 de Septiembre de 2014). *Net Noticias*. Recuperado el 17 de Septiembre de 2014, de <http://www.netnoticias.mx/Nota.php?ID=145178>
- Nuevas alas para la industria aeroespacial. (26 de Octubre de 2010). *Vanguardia Industrial*. Recuperado el 26 de Junio de 2014, de <http://vanguardia-industrial.com/secciones/aeronautica/item/103-nuevas-alas-para-la-industria-aeroespacial.html>
- OECD. (2011). *The Space Economy at glance 2011*. Recuperado el 21 de Septiembre de 2014, de http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/economics/the-space-economy-at-a-glance-2011_9789264111790-en#page110
- OECD. (2014). The space economy at glance. doi:10.1787/a258bb52-en (Accessed on 22 April 2016)
- OECD, i. (22 de Julio de 2011). *OECD iLibrary*. doi:10.1787/9789264111790-en
- Organización de Aviación Civil Internacional. (8 de Octubre de 2014). *Organización de Aviación Civil Internacional*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2014, de http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERAL_ES/AVIACION_CIVIL/ORGANISMOS_INTERNACINALES/desc_oaci.htm
- Orona, K. (25 de Enero de 2012). *Mexico Industry Querétaro*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2014, de http://www.mexicoindustrybajio.com/index.php?option=com_content&view=article&id=96:la-industria-en-el-bajio-crece-queretaro-guanajuato&catid=14:1201ene
- Parra Mesa, C., Pérez Rave, J., & Torres Franco, D. (Julio-Diciembre de 2006). Recuperado el 31 de Octubre de 2014, de <http://www.redalyc.org/pdf/852/85202011.pdf>

- Partner, A. (22 de Julio de 2013). Recuperado el 5 de Octubre de 2014, de <http://futurist.mx.temp.realsl.com/Administradordedocumentos/tabid/95/ArticleID/60/M%C3%A9xico-ALTOS-VUELOS-EN-EL-SECTOR-AEROESPACIAL.aspx>
- Patton, M. (2002). *Qualitative Research and Evaluation Methods*. Sage publications. Recuperado el 18 de Mayo de 2016
- Plaza. (2 de Febrero de 2015). Recuperado el 16 de Junio de 2016, de http://www.plazadearmas.com.mx/noticias/local/2015/02/23/alza_vuelo_queretaro_sector_segundo_lugar_nivel_nacional_33439_1013.html
- PNUD - FEMIA. (2012). Recuperado el 11 de Septiembre de 2015
- PNUD - FEMIA. (2012). Recuperado el 11 de Septiembre de 2015, de https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCQQFjABahUKEwiQ_KmUxe_HAhXGQZIKHYcQD7s&url=http%3A%2F%2Fwww.fime.uanl.mx%2FPresentacionesCIIA%2FPresentacion%2520Monterrey-FIME%2520UANLfinal.pptx&usg=AFQjCNESHMY_RdQ
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Nueva York: The Free Press. Recuperado el 23 de Mayo de 2013
- Porter, M. (2000). *ESTRATEGIA COMPETITIVA: TECNICAS PARA EL ANALISIS DE LOS SECTORES INDUSTRIALES Y DE LA COMPETENCIA*. Grupo Editorial Patria. Recuperado el 16 de Mayo de 2016
- Porter, M. (2000). *Estrategia Competitiva: Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. México, Estados Unidos: Grupo Editorial Patria. Recuperado el 18 de Abril de 2014
- Porter, M. (2006). *Estrategia competitiva: técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. México: CECSA. Recuperado el 25 de Julio de 2013
- Presidencia de la República. (9 de Abril de 2014). Recuperado el 20 de Septiembre de 2015, de <http://www.presidencia.gob.mx/salarios-minimos-2014/>
- Pro-Aéreo. (11 de Marzo de 2012). Recuperado el 8 de Octubre de 2014, de http://economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/PROAEREO-12-03-2012.pdf
- ProMéxico. (2008). Recuperado el 15 de Junio de 2016, de http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/69/2/Folleto_automotriz.pdf
- ProMéxico. (Mayo de 2013). Recuperado el 15 de Julio de 2016, de <http://www.promexico.gob.mx/documentos/revista-negocios/pdf/may-2013.pdf>
- ProMexico. (25 de Septiembre de 2014). *Negocios ProMéxico*. México, México: ProMéxico. Recuperado el 25 de Octubre de 2014, de http://books.google.com.mx/books?id=15ubBAAAQBAJ&dq=situaci%C3%B3n+del+sector+aeroespacial+en+M%C3%A9xico&source=gbs_navlinks_s

- ProMéxico. (2015). Recuperado el 1 de Septiembre de 2015, de <http://www.promexico.gob.mx/documentos/mapas-de-ruta/plan-nacional-vuelo.pdf>
- ProMéxico-Global Insight. (2014). Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/69/2/140917_FC_Automotriz_ES.pdf
- ProMéxico-INA. (2014). *ProMéxico sector automotriz*. Recuperado el 21 de Octubre de 2014, de http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/69/2/140917_FC_Automotriz_ES.pdf
- Protocolo: Foreign Affairs. (Octubre de 2014). Recuperado el 5 de Octubre de 2014, de <http://www.protocolo.com.mx/comercio-y-negocios/mexico-principal-destino-de-las-inversiones-en-manufactura-aeroespacial/>
- pwc. (Mayo de 2015). Recuperado el 23 de Junio de 2016, de <https://www.pwc.com/mx/es/knowledge-center/archivo/20150604-gx-publication-aerospace-industry.pdf>
- Querétaro, P. . (15 de Mayo de 2015). Recuperado el 22 de Abril de 2016, de http://www.plazadearmas.com.mx/noticias/local/2015/05/15/queretaro_lider_aeronautico_354568_1013.html
- Report, Aerospace Global. (2011). *Aerospace global report*. Recuperado el 8 de Octubre de 2014, de http://clearwaterinternational.com/wp-content/uploads/2011/02/Aerospace_Global_Report_2011_A41.pdf
- Reyes de la Cruz, I. (1 de Marzo de 2007). Recuperado el 22 de Octubre de 2014, de <http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Frv10.wikispaces.com%2Ffile%2Fview%2FAS9100%2B%2BNADCAP.ppt&ei=kV1IVMftBY2K8gG8mIDYCQ&usq=AFQjCNFUsIOZ2wS8M6ki8wGRRzZwT2qi4w&bvm=bv.77880786,d>
- Rodríguez Solares, E. (2012). Oportunidades de TI en manufactura avanzada. México, México: *Selección de decisiones TIC* - Secretaría de Economía. Recuperado el 26 de Junio de 2014, de http://www.prosoft.economia.gob.mx/Imagenes/ImagenesMaster/Estudios%20Prosoft/GRE_F_04.pdf
- Rodríguez, F. (2000). Recuperado el 7 de Mayo de 2016, de <http://cuadernoregulatorio.com.ar/ArticulosRodriguez/DERECHO%20AERONAUTICO%201.pdf>
- Romero Luna, I. (2009). *Análisis Económico*, XXIV(57).
- Romero Vázquez, F. (28 de Octubre de 2010). Recuperado el 12 de Octubre de 2014, de Retos del sector aeroespacial en México: http://wikipam.astroscu.unam.mx/@api/deki/files/716/=RETOS_DEL_SECTOR_AEROESPACIAL_EN_MEXICO.pdf

- Rozenberg, D. (12 de Marzo de 2008). *Autoparteros atraen firmas aeronáuticas*. Recuperado el 2014 de Septiembre de 2014, de <http://www.cnnexpansion.com/manufactura/autoparteros-atraen-firmas-aeronauticas>
- S. E. (Marzo de 2012). Recuperado el 13 de Junio de 2013, de Dirección General de Industrias Pesadas y de Alta Tecnología:
http://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Industria_Aeronautica.pdf
- S. E. (Marzo de 2012). *Industria Aeronáutica en México*. Recuperado el 8 de Octubre de 2014, de http://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Industria_Aeronautica.pdf
- Sandoval, F. (2014). *Centro de Operaciones Mecánicas de América de Honeywell*. Recuperado el 20 de abril de 2016
- SE, F. (11 de Marzo de 2012). Recuperado el 10 de Octubre de 2014, de http://economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/PROAEREO-12-03-2012.pdf
- Secretaría de Economía - FUMEC. (2010). *Innovación orientada - Industria aeroespacial*. Recuperado el 28 de Octubre de 2014, de <http://fumec.org/v6/htdocs/aero.pdf>
- Secretaría de Economía - ProMéxico. (Mayo de 2013). *The autoparts industry*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2014, de <http://www.oesa.org/Doc-Vault/Knowledge-Center/Intl-Markets-and-Trade-Content/ProMexico-Auto-Parts.pdf>
- Secretaría de Economía. (22 de Mayo de 2009). Recuperado el 24 de Agosto de 2013, de Plan nacional de vuelo:
<http://comunicacion.promexico.gob.mx/Videos/mexico/PlanVueloNacional.pdf>
- Secretaría de Economía. (Junio de 2011). *Industria aeronáutica*. Recuperado el 24 de Mayo de 2013, de http://www.economia.gob.mx/files/Industria_Aeronautica_Mexico.pdf
- Secretaría de Relaciones Exteriores. (Agosto de 2013). *Notisem*. Recuperado el 18 de Mayo de 2016, de <http://embamex.sre.gob.mx/japon/images/pdf/PRENSA/aero.pdf>
- SE-ProMéxico. (Mayo de 2013). *Industria de Autopartes*. Recuperado el 19 de Mayo de 2016, de http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/69/2/130701_Diagnostico_autopartes.pdf
- SinC. (10 de Mayo de 2013). *La Ciencia es noticia*. Recuperado el 2 de Noviembre de 2014, de La aeronáutica destina el 70% de sus innovaciones a la mejora ambiental:
<http://www.agenciasinc.es/Noticias/La-aeronautica-destina-el-70-de-sus-innovaciones-a-la-mejora-ambiental>
- Site. (18 de Octubre de 2013). Recuperado el 15 de Junio de 2016, de <https://es-la.facebook.com/SITEInmobiliaria/posts/537529453001188>
- TEDAE. (2 de Julio de 2013). *Le Bourget Paris Air Show*. Recuperado el 24 de Mayo de 2013, de <http://tedae.org/news/post/le-bourget-paris-air-show-2013-todo-a-punto-en-el-pabellon-de-espana/>

- Telám. (7 de Agosto de 2013). Recuperado el 21 de Septiembre de 2014, de <https://mx.noticias.yahoo.com/repunte-industria-aeronautica-mundial-aviacion-comercial-114500009.html>
- TICbeat. (7 de Enero de 2011). Recuperado el 2 de Noviembre de 2014, de <http://innovacion.ticbeat.com/futuristas-aviones-futuro/>
- Tovar, E. (28 de Septiembre de 2015). *Modern Machine Shop*. Recuperado el 8 de Mayo de 2016, de <http://www.mms-mexico.com/articles/industria-aeroespacial-de-mxico-sigue-creciendo>
- Tovar, E. (Octubre de 2015). *Modern machine shop México*, 1(8), 96. Recuperado el 20 de Octubre de 2015
- Tribuna de Querétaro. (26 de Enero de 2015). Recuperado el 8 de Septiembre de 2015, de <http://www.tribunadequeretaro.com/index.php/informacion/4775-bombardier-pierde-altura>
- UNAQ - informe de actividades. (2014). Recuperado el 8 de Septiembre de 2015, de <http://www.tribunadequeretaro.com/index.php/informacion/4775-bombardier-pierde-altura>
- UNAQ. (Abril de 2015). Recuperado el 8 de Mayo de 2016, de <http://www.unaq.edu.mx/index.php/vinculacion/noticias-y-eventos/98-somos-numero-1-en-inversion-extranjera-del-sector-aeroespacial-gerardo-vazquez-mellado>
- United States Department of Labor. (Enero de 2015). Recuperado el 19 de Septiembre de 2015, de http://www.dol.gov/whd/minwage/america_sp.htm#content
- Vanguardia industrial*. (26 de octubre de 2010). Recuperado el 26 de junio de 2014, de <http://vanguardia-industrial.com/cobertura-especial/la-ruta-logistica/itemlist/user/62-vanguardiaindustrial.html?start=540>
- Yin, R. (1994). London, England. Recuperado el 15 de Julio de 2016
- Yin, R. (9 de Mayo de 2013). *Case Study Research* (Vol. Quinta edición). Sage Publications. Recuperado el 26 de Marzo de 2016
- Z-Saltillo. (15 de JUNIO de 2016). Recuperado el 22 de Junio de 2016, de <http://www.zocalo.com.mx/seccion/articulo/sector-aeronautico-en-queretaro-genera-8-mil-500-empleos-1466016574>

Anexo 1

Entrevistas con los expertos de las empresas aeronáuticas:

Las entrevistas realizadas a los expertos seleccionados en los sectores de autopartes y de la industria aeroespacial se presentan a continuación:

Empresa encuestada: ITP México, Querétaro, Querétaro

Nombre de la persona entrevistada: Ing. José Carlos García Medina

Puesto de la persona: Director de Ingeniería y Desarrollo

Antigüedad en la industria: 10 años

Localización de la empresa: Acceso IV No. 6 D – Zona Ind. Benito Juárez

Página o redes sociales en internet: www.itp.es

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail): jcgarcia@itmexico.com.mx

Ubicación en la cadena:

- ¿Qué tipo de parte (s) de avión o servicio (s) es proveedor?
Mantenimiento de turbinas de avión
- ¿En qué nivel de proveeduría pertenece Tier 2 o Tier 3, y desde hace cuánto tiempo?
Tier 3

Experiencia en la cadena:

- ¿Qué motivo a su empresa a entrar en el negocio de proveeduría de partes de avión y que fue lo que lo acabó de convencer?
La empresa se dedica a la reparación de turbinas de avión falta historia
- ¿Tiene afiliación o contacto con federaciones o asociaciones en la industria aeronáutica y con cuál?
Si, FEMIA y Aeroclúster en Querétaro

Ecosistema del negocio:

- ¿Existe mano de obra calificada para incorporarse a la industria aeronáutica y tiene acceso a ésta, las universidades o institutos la están proveyendo?
Es el problema de la industria aeroespacial la falta de mano de obra calificada, va ayudar el posgrado que ofrece la UNAQ en maestría aeroespacial.
- ¿Qué tipo de mano de obra calificada en aeronáutica ha contratado (licenciatura o técnico) y que experiencia tiene con su contratación (cumplen con las expectativas de la empresa), es totalmente mexicana?
Técnicos e Ingenieros aeroespaciales.
- ¿La inversión realizada fue de capital propio o requirió de fondos de la banca de fomento/apoyos gubernamentales?
Capital propio
- ¿Si tiene experiencia en acceso de fondos de fomento y desarrollo de parte de gobierno y/o de la banca, cuál ha sido su experiencia?
No por el momento

- ¿Si es posible conocer los rangos de inversión que llevó a cabo para elaborar partes de avión, aproximadamente en que rango fue?
No disponible
- ¿En su experiencia que lo motivó hacer la inversión para la proveeduría de partes de avión sin haber sido antes proveedor de la industria aeronáutica?
No disponible
- ¿En qué tiempo estima la tasa de retorno de su inversión en la proveeduría de aeropartes?
La empresa ha invertido desde sus inicios y cumplió con su TIR

Manufactura y operación:

- ¿Cuáles fueron los mayores retos para alcanzar la adaptación de la operación y/o manufactura de la empresa en un modelo de proveedor de Industria Aeroespacial?
Empresa se dedica al mantenimiento de turbinas, componentes de motores, manufactura de componentes de fuselaje, componentes y sub ensamble, motor y aeroestructuras, investigación, diseño y desarrollo y Procesos y tratamientos.
- ¿Qué tuvo que hacer su empresa para poder manufacturar aeropartes, compró o escaló su maquinaria y/o equipo?
Maquinaria de alta tecnología para manufactura y reparación de turbinas
- ¿Para proveer aeropartes su maquinaria y equipo cumplió con las tolerancias solicitadas y en qué rango le fueron pedidas?
Reparación y mantenimiento de turbinas de avión
- ¿El valor del volumen de producción de aeropartes es significativo en relación al valor en la producción de autopartes y porque?
No disponible
- ¿En cuanto al cumplimiento de normas y certificaciones, cuál fue su experiencia en su obtención, el grado de inversión en este rubro resulto ser el esperado y porque?
La empresa desde su inicio en operaciones de mantenimiento obtuvo la certificación NADCAP
- ¿Qué dificultades encontró para lograr las normas y certificaciones de su producto o servicio, fue el costo, el tiempo de obtención, requerimientos excesivos, etc.?
Proceso de obtención de certificación europea
- ¿La localización de su empresa con respecto a la localización de la industria aeronáutica influyó para la toma de decisión de producir aeropartes, tal como los bajos costos en mano de obra, suministro de materiales específicos, apoyos gubernamentales e infraestructura logística?
La empresa desde sus inicios dio mantenimiento a turbinas de avión y fue manufacturando de acuerdo a las necesidades de crecimiento de la empresa.

Conocimiento de replicado a otro lugar o país:

- ¿Tiene Usted conocimiento de replicado de proveeduría similar a la de su empresa en otro lugar o país?
Existen en el sector aeroespacial empresas que se dedican también a reparar turbinas de avión.

Valores a considerar en la industria aeroespacial:

- ¿Contribuye la proveeduría de aeropartes de su empresa en la disminución del peso del avión?

Por el momento se producen de acuerdo a los requerimientos de la industria

- ¿El material que utiliza es importado o nacional, y cumple con las normas y certificaciones requeridas, qué tipo de material utiliza, tiene problemas en su obtención, el costo de las mismas no afecta la compra por el Tier al que provee?

Principalmente extranjero

- ¿Si ha realizado creación de tecnología en su proveeduría de aeropartes, cuál ha sido?

Se ha desarrollado de acuerdo al crecimiento de la industria

Infraestructura de la nave industrial:

- ¿Qué adecuación (es) tuvo que hacer a su nave industrial para manufacturar las aeropartes, maquinaria libre de polvos, dimensión del equipo, recomendación de la empresa certificadora, tipo de material a manufacturar, u otro por favor menciónelo?

La naturaleza de la manufactura y el mantenimiento de la empresa se estructuraron las instalaciones para los procesos de manufactura, mantenimiento y pruebas de turbinas de avión.

Empresa encuestada: CIDESI

Nombre de la persona entrevistada: José Gabriel Tort Flores

Puesto de la persona: Director de vinculación con el sector aeronáutico

Antigüedad en la industria: 43 años

Localización de la empresa: Querétaro, Qro.

Página o redes sociales en internet: www.cidesi.com

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail): (442) 211-9802 / jose.tort@cidesi.mx

Ubicación en la Cadena

- ¿Es proveedor de materiales, equipo o servicios?

Respuesta: Servicios tecnológicos

- ¿Qué parte(s) de avión produce? ¿Y cuáles son?

Respuesta: Es institución tecnológica

- ¿En qué nivel de proveeduría se encuentra TR2 o TR3, y desde hace cuánto tiempo?

Respuesta: Centro público de investigación Conacyt

Experiencia en la Cadena

- ¿Qué fue lo que lo motivo a entrar en el negocio de proveeduría de partes de avión y que fue lo que lo acabó de convencer?

Respuesta: Proporcionamos solamente servicios tecnológicos

- ¿Cuál ha sido el (los) mayor(es) retos al hecho de integrarse a la cadena de suministro Aeroespacial?

Respuesta: Seguimiento de los estándares establecidos para la industria (AS9100)

- ¿Qué ayudó o qué factores contribuyeron para lograr alcanzar los retos encontrados?
- Capacitación y conocimiento de estándares de calidad

- ¿Tiene afiliación o contacto con Federaciones o Asociaciones en la Industria Aeroespacial y con cuál?

Respuesta: La Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial o FEMIA y el Aeroclúster de Querétaro

Ecosistema del Negocio

- ¿Existe diferencia en la competencia de la Industria Aeroespacial con respecto a otras Industria, y cuáles son esas diferencias?

Respuesta: La industria aeroespacial está muy controlada y normada por los grandes fabricantes (OEM) y las autoridades aeronáuticas.

- ¿Existe mano de obra calificada para incorporar a la Industria Aeroespacial y hay accesibilidad a esta mano de obra?

Respuesta: Hablando solo de México, existe de manera limitada y se requiere aún más personal / cuadros calificados y conocedores.

- ¿Las inversión realizada fue capital propio o requirió de fondos de la Banca de fomento / Apoyos Gubernamentales?

Respuesta: CIDESI es autosustentable en sus proyectos, pero no solo sirve a la industria aeroespacial

- ¿Si tiene experiencia en el acceso a fondos de fomento y desarrollo de parte del Gobierno y/o de la Banca, cuál ha sido su experiencia?

Respuesta: CIDESI es el mayor usuario de fondos del programa PEI de Conacyt recurrentemente.

- ¿Si es posible conocer los rangos de inversión que realizó la empresa para lograr la fabricación de partes de avión, qué rango aproximado fue?

Respuesta: No aplica.

- ¿En su experiencia que lo motivó para hacer la inversión en el suministro de partes de avión sin haber sido antes proveedor de la industria aeroespacial?

Respuesta: No aplica.

- ¿En cuántos años el retorno de inversión (ROI) sucedió (o sucederá) de acuerdo al plan de negocio original?

La inversión en el laboratorio de materiales compuestos se amortizó en alrededor de 5 años.

- ¿Re invierten en I&D y cuál ha sido en la empresa el porcentaje anual de reinversión?

Respuesta: Siendo un CPI Conacyt sin fines de lucro, todos los márgenes financieros son reinvertibles en investigación y desarrollo.

Manufactura y Operación

- ¿Cuáles fueron los mayores retos para alcanzar la adaptación de la operación y/o manufactura de la empresa en un modelo de proveedor de Industria Aeroespacial?

Respuesta: No aplica.

- ¿Qué dificultad tuvo la empresa para cumplir con las tolerancias de maquinado en las partes de avión y que fueron alcanzables con el equipo?

Respuesta: CIDESI cuenta con laboratorios de metrología

- ¿Dependiendo de la parte de avión fabricada que rango de tolerancias fueron cumplidas con el equipo de manufactura?

Respuesta: En dimensional, CIDESI cuenta con equipo de metrología de cuatro y ocho micras de exactitud.

¿Existe el apoyo necesario en la Industria para alcanzar el grado de certificación que demanda la Industria Aeroespacial, y cuál fue su experiencia en este aspecto?

Respuesta: Si, existen formas de capacitarse y correr procesos de auditoría para certificación AS9100C, sin embargo son relativamente más caros que en otras industrias.

- ¿En su experiencia, en qué grado influyen en la adaptación de manufactura y operación los siguientes factores: adecuar las líneas de producción, inversión en tecnología, selección de empresas certificadoras, tecnologías de información?

Respuesta: Las industrias automotriz y aeronáutica conllevan procesos diferentes. No se puede concebir adaptar líneas de producción de una para satisfacer a la otra. Son industrias con características muy particulares cada una.

- ¿En cuanto al cumplimiento de normas y certificaciones, cuál fue su experiencia de obtención, el grado de inversión en este rubro resulto ser el esperado?

Respuesta: CIDESI obtuvo la certificación de la norma de calidad AS 9100 por parte de la Society of Automotive Engineers (SAE) – Performance Review Institute (PRI), la inversión fue la esperada.

- ¿Qué dificultades encontró para lograr las normas y certificaciones de su producto o servicio?

Respuesta: Cambio de mentalidad y comportamiento en cuanto a trazabilidad y “disclosure” o reporte voluntario de fallas.

- ¿En qué le asistió la industria terminal en la obtención de la certificación requerida?
- Respuesta: Proporcionó trabajo a CIDESI, aún sin estar certificado por SAE – PRI, rompiendo el círculo vicioso.

- ¿En cuanto a recursos humanos, qué tipo de mano de obra fue contratada (licenciatura o técnico) y que experiencia tiene con su contratación (cumplen con las expectativas de la empresa)?

Respuesta: CIDESI cuenta con los servicios de tecnólogos, ingenieros, Maestros en Ciencias y Doctores. Sí, cumplen con las expectativas.

- ¿La mano de obra utilizada en su empresa en qué porcentaje es mexicana y en qué porcentaje es extranjera?

Respuesta: Prácticamente el 100% de la mano de obra de CIDESI es nacional, aunque existen algunos empleados de origen extranjero.

- ¿Cuál ha sido su experiencia en la transferencia de conocimiento y/o tecnología en la Industria Aeroespacial?

Respuesta: Creemos que falta mayor difusión de conocimientos inherentes a la industria aeroespacial de manera general.

- ¿En que influyó la localización de la empresa aeroespacial para cumplir con la logística de suministro de partes?

Respuesta: No aplica.

- ¿Cuáles han sido los apoyos de los centros de investigación en el país para que la empresa cumpla con el abastecimiento de partes de avión y en qué específicamente la empresa los ha recibido?

Respuesta: CIDESI es en sí un CPI que ofrece servicios tecnológicos a la industria y maneja vinculación para proyectos de investigación y desarrollo.

- ¿Qué tipo de materias primas especializadas son utilizadas en la fabricación de partes de avión y en qué porcentaje son mexicanas y en qué porcentaje son extranjeras?
Respuesta: Prácticamente no existe materia prima nacional para manufactura aeronáutica en México.
- ¿Qué tipo de problemas o dificultades ha tenido la empresa en la obtención de materia prima?
Respuesta: Hasta ahora ninguno, a pesar de que la materia de laboratorio de materiales compuestos se adquiere en el extranjero.
- ¿Si ha realizado creación de tecnología en su proveeduría de aeropartes, cuál ha sido?
Respuesta: Hasta ahora no se ha realizado creación de nueva tecnología producto de I y D, sin embargo se ha desarrollado un banco de prueba para enfriamiento interno de álabes de motor de turbina para SNECMA.
- ¿Si ha creado patentes cuáles han sido patentadas?
Respuesta: No hasta ahora.

Empresa encuestada: SAFRÁN

Nombre de la persona entrevistada: Ing. Claude Gobenceaux

Puesto de la persona: Director Safrán Messier Services Americas, S.A. de C.V.

Antigüedad en la industria: 15 años

Empresa encuestada: Safrán Messier Services Americas, S.A. de C.V.

Localización de la empresa: Av. de la Noria 131 – Parque Industrial Querétaro, Qro. 76220

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail):

Se entrevistó al Director La investigación que realizo es sobre el encadenamiento productivo entre los sectores de autopartes y aeroespacial, ¿piensa Usted que es factible, dado que Usted tiene experiencia en ambos sectores?

Respuesta: Si trabajé durante veintiséis años en el sector automotriz, ocho y medio en el sector aeroespacial, entonces hay que ver que hay diferencias entre el sector automotriz y el sector aeronáutico que son bastante fuertes, en el sector automotriz no hace falta una certificación para producir esos artículos totalmente imposible, hasta el punto que no se puede trabajar en muchos casos con proveedores que no tienen ciertas certificaciones o si se trabajan el riesgo lo toma el que trabaja con este proveedor, es cierto pueden entregar piezas de una empresa que no está certificada, en este caso el entregar piezas bajo un COQ (certificado de calidad), pero por supuesto que hay muy pocas empresas que están dispuestas a aceptar esto, si lo acepta es por poco tiempo, este tema de calidad es totalmente importante para el sector en México, hay diferencia entre un carro y un avión es que si hay un problema por el camino, el carro se puede para el avión no puede, entonces buscamos cero defectos total, esta es la dificultad que puede representar, entonces el sistema de calidad no es el mismo, el segundo punto es la capacitación de las personas no es lo mismo, en el sector automotriz la capacitación de las personas

comprende carreras muy especializadas, entonces no pasa nada, en el sector aeronáutico la capacitación para la producción es como mínimo de tres meses, y en muchos casos se capacitan hasta por dieciocho meses, y no se da la responsabilidad a una persona antes de que tenga probada su capacitación y que tenga la experiencia de que haya probado ciertas cosas que avalen su capacidad de poder trabajar en el sector aeronáutico, entonces no estamos tampoco enfrente del mismo perfil de personas, **el sistema de calidad y las personas**, la tercera diferencia es que un avión va a volar durante treinta o cuarenta años, es decir, que vamos a suponer que alguien empiece con el desarrollo de un avión en forma provisional, lo más probable es que no verá o apenas verá la salida de este avión del mercado, desde que se diseña hasta que salga el avión del mercado, el sector automotriz los ciclos son muy cortos durante cuatro años o cinco años, entonces son diferencias muy fuertes, los retornos de inversión son totalmente distintos también porque en el sector aeronáutico se trabajan series de producción muy cortas, muy cortas en miles de piezas, pero son piezas que de manera unitaria pueden costar muchísimo dinero, yo tengo aquí piezas que valen una pieza doscientos mil dólares, es decir, que tomamos riesgos también financieros que no son los mismos, tomamos un riesgo financiero o algo de ellos, si se cae una pieza puede costar cincuenta mil dólares, ciento cincuenta mil hasta doscientos mil dólares, entonces el riesgo no es lo mismo, el punto de preparación de las personas no son las mismas.

¿De acuerdo con lo que Usted indica la mano de obra en Querétaro es especializada, esta mano de obra la certifican ustedes?

Respuesta: Hay dos tipos de personas, los técnicos y operadores de taller, una rama es la fabricación de piezas, para esto se requiere la certificación, capacitación o la selección de personal que lo hace la empresa de manufactura, la otra rama la tienen personas que están en el MRO y necesitan la licencia otorgada por parte de empresa certificadora, las personas que tocan el producto necesitan la licencia, necesitan tener bachillerato para tener una capacitación técnica, se requiere buscar Universidades especializadas en materia de capacitación aeroespacial como es el caso de la Universidad Aeroespacial en Querétaro (UNAQ), la preparación no es la misma que la que se encuentra en otros sectores, en otros sectores la capacitación no es tan estricta. También la UNAQ hizo la preparación de técnicos de taller con cursos a necesidad de la empresa por materia específica, estos operarios técnicos iban después a trabajar al sector aeronáutico en una planta de primera, diseñar programas específicos que otorgan una carta de terminación, los costos que las empresas tienen en capacitación son costos totalmente a capacitación a las necesidades de la empresa, por manejar materiales caros, maquinaria especializada como CNC complejas y necesitan personas muy preparadas para que se operen con exactitud, todo esto para enseñar que el sector automotriz y aeronáutico no son sectores parecidos. Hay flota de 20,000 aviones volando, cuando miramos las ventas de cualquier constructor en el mundo es un millón quinientos de capital, no se trata de cualquier cosa, por supuesto hay que certificar las piezas, los aviones, antes de que vuelen y esto cuesta mucho dinero.

¿En su experiencia Sr. Claude hay desarrollo en el mundo de empresas de autopartes que se encadenen con el sector aeronáutico o no existe?

Respuesta: La pregunta sería bajo qué condiciones una empresa del sector automotriz podría pasar al sector aeronáutico, básicamente hace falta una voluntad y un compromiso tremendo de la empresa, **por supuesto que se puede**, pero lo que se requiere para el sector aeronáutico es un espacio propio, no podemos por regla mezclar una producción de piezas para el sector automotriz y para el sector aeronáutico, igual para el taller de mantenimiento como el nuestro, tenemos también una celda, un espacio para la manufactura de piezas que van a ser montados en aviones nuevos, pero esta celda es separada del resto.

¿Pero esta maquinaria tiene que ser especializada no maquinaria de línea de autopartes?

Respuesta: Pues es totalmente distinto, bueno pero puede haber una intersección eso es posible pero las tolerancias que trabajamos no son las mismas, decir que una calidad va a ser la misma en el sector automotriz tal vez va a necesitar que una pieza tenga rebabas lo que sea, en el sector aeronáutico no se va aceptar, una rebaba que no se quite podría causar un accidente o lo que sea, decía el nivel de calidad no es el mismo, el nivel de tolerancia no es el mismo, dicho esto, hay empresas que intentaron utilizar sus máquinas para necesidades automotriz en necesidades aeronáuticas, pero como los espacios deben que ser distintos por regla aeronáutica, ese espacio debe ser espacio propio, ningún cliente aeronáutico de la pieza va aceptar que se fabriquen en la misma línea que piezas automotrices, no se va aceptar nunca, es tan claro como esto, entonces se debe ya tener dos máquinas, una misma no puede fabricar, y después las tolerancias, los sistemas de calidad en el sector automotriz va ser un sistema de calidad de tipo ISO 9000 en el aeronáutico la AS 9100 que es una certificación propia para el sector aeronáutico, en la cual se pide una gestión de los riesgos y otras cosas que no se piden por ejemplo la certificación de equipos, pero más allá del espacio de las máquinas y de las personas, hay que ver que el sector aeronáutico necesita una visión muy fuerte por parte de los responsables de la empresa, si una empresa del sector automotriz quiere incursionar en el sector aeronáutico es una decisión fuerte, porque de un lado vamos a poner una máquina cuyo retorno sobre inversión va ser rápido, nuestro sector el retorno de la inversión va a ser entre 10 y 20 años, es decir, que si una empresa quiere incursionar en esto el presidente de la empresa tiene que saber que va a tener pérdidas, es decir, podemos imaginar que voy a tomar el caso de una mediana o y grande que cotizan en bolsa, va a tener que presentar resultados de estar en el sector aeronáutico antes de diez años, cuando va a tener resultados positivos para el sector automotriz, no va a ser bien simple para un presidente explicar a los accionistas que está invirtiendo en otra cosa bastante complicado, le van a decir pero porque, porque si tenemos los recursos limitados si podemos invertir 100 aquí que la TIR está en dos o tres años, porque lo inviertes acá que son tal vez 20 años, no estamos hablando de las mismas cosas, esto necesita de una decisión política de la empresa muy fuerte, necesitaría recursos propios, es decir, que sean más bien se decidan por otra empresa que los accionistas estén de acuerdo, que la decisión la tomen muy fuerte, y cuando hay esta voluntad, y suponiendo que exista esta voluntad también debe de ser después la voluntad de todos los que están por debajo de este

responsable, por lo tanto no están fácil y las personas deberán aceptar que están en otro sector y deberán adaptarse a otros métodos, a otras maneras de trabajar, otro tipo de capacitación, otro sistema de calidad, es otro, otro, otro, visto desde la calle es lo mismo, pero cuando una persona entra en detalles entonces dos cosas muy distintas, no digo que es imposible sino que es complicado y bien complicado, por lo tanto qué tipo de empresa podría entrar en este sector, para mi debe ser seguramente una empresa cotizada en bolsa bien respaldada por sus accionistas, con el fin de que los accionistas minoritarios que dé la estabilidad a la empresa, y si es una pyme en el cual el responsable quiera realmente entrar en este sector y poner los recursos, entonces vemos que esto necesita contar con recursos, que sea pyme de un gran grupo, necesita recursos financieros muy dedicados y altos, en el sector automotriz alguien me pidió una pieza para mañana, en el sector aeroespacial voy a tener que canalizar a mis personas para tener una restricción, que sea probado cuando es el caso de un taller, que el personal tenga cierto perfil de estudios un nivel de estudios y vamos a necesitar tiempo para desarrollar el sistema de calidad, el sistema de calidad se puede validar solamente cuando la empresa está ya produciendo piezas, lo que supone anteriormente que ya tiene un cliente que apueste a esta empresa, es decir, y repito que el cliente que va a hacer esta apuesta debe decir apuesto con esta empresa y yo confío que van a tener las buenas certificaciones, que van a ser capaces de controlar a sus proveedores, capaces de controlar a sus empleados, a través de su sistema de calidad y capaces de producir al final la pieza lo más perfecto posible, vemos que son muchas funciones y que esto va a necesitar un tiempo, cual es tiempo entre el momento en el cual una empresa entra en el sector y vemos puede desarrollarse en ese sector puede ser tres, cuatro, o cinco años, es decir, como un mínimo del orden de un año y medio si no hay costo mínimo, pero habrá que pagar al personal durante ese tiempo, habrá que pagar hasta aquí más, habrá que buscar un cliente que apueste con interés, por lo tanto no es tan sencillo pero no es imposible, entonces podemos tomar el caso de Alaxia del grupo KUO, decidieron hace unos años, en el 2008 incursionar en el sector aeronáutico, este grupo está cotizado en bolsa, no sé si bajo el nombre de grupo KUO, sé que esta empresa tuvo problemas al arrancar, sistemas de calidad, pero lo hicieron, hace piezas de maquinado, sé que consiguieron equipos para tratamientos de calidad, todos estos procesos especiales de tratamiento de metal deben tener una certificación de NADCAP-PRI, y es algo imprescindible para las empresas del sector aeronáutico cuando hay un tratamiento especial, entonces tuvieron que conseguir proveedores que dan el tratamiento térmico, entonces es una cuestión de proveedores, empleados, maquinado.

Estábamos hablando del caso de éxito que es una empresa pyme, entonces el dueño especialista en comercio exterior con su hija que trabajó en el grupo Safrán, el papá y ella decidieron desarrollar una actividad aeronáutica que les costó mucho dinero, y no habían previsto tanto y que necesitaban un espacio dedicado que hacía falta mucho conocimiento de manejo, que era distinto del resto de la empresa, que había que dirigir nuevas máquinas, etc., entonces pasaron momentos difíciles, en materia de cash de tesorería porque tenían que invertir mucho pagar muchas despensas sin tener frente un ingreso aguantaron, hacen bien lo que hacen y están en

la fase de desarrollo más amplio, no estaban exactamente en el sector automotriz pero estaban en sector petrolero, en sector de piezas grandes de camiones de reparación, entonces las piezas para el sector petrolero eran también de reparación de refacciones de piezas grandes, maquinado, entonces me parece que es un caso de éxito comercial porque dan confianza saben de qué hablan, hay una voluntad fuerte, porque papa e hija se pusieron los dos y no hay ni un milímetro de diferencia entre los dos, es decir, saben que les ha costado y que les seguirá costando dinero pero hay una política muy fuerte, hay personas preparadas que conocían ya conocían el sector aunque seguramente de manera imperfecta pero tenía elementos sobre el sistema de calidad lo que se requiere, etc. Pero lo hicieron la verdad muy bien, lo hicieron paso a paso están según todas esas informaciones que tengo en fase de desarrollo, porque cada vez que encuentro alguien que busca hacer un maquinado les digo que vayan a verles, porque ellos sencillamente pueden apoyarles, *¿ellos les fabrican a ustedes?* No, les fabrican a otro sector, ellos entraron al sector de Manufacturing de fabricación piezas aeronáuticas, entonces buena imagen buena satisfacción de los clientes porque sabían de enviar las piezas en tiempo, con buena calidad, bueno pienso que es una empresa que dentro de diez años será una gran empresa del sector en México, de momento son todavía pequeños pero cada vez que hay fabricante de helicóptero de trenes de aterrizaje, lo que sea que pase por ahí que hacen cuenta, creen que hay una motivación que hay un empuje que hay un conocimiento, que todo está reunido para hacerlo, el limitante que tendrán seguramente, rápidamente es el dinero, porque para tener más piezas tendrán seguramente que invertir en más máquinas, *¿el sector del gobierno no les apoya para nada a las empresas?* Se tienen tipos de inversión para apoyo a todos los sectores en México hay básicamente tres tipos de fondos que pueden apoyar a las pymes, hay los fondos de tipo inmaduro y si pueden apoyar para la certificación, entonces si las empresas pueden entrar en las convocatorias debida en financiamiento con 50%.

Visita a la primera feria aeroespacial en México: Base militar aérea de Santa Lucía, Estado de México

Durante la visita a la primera feria aeroespacial celebrada en la base militar aérea en Santa Lucía, Estado de México, se consiguió entrevistar a empresas del sector aeroespacial a quienes se les preguntó su grado de participación en el encadenamiento productivo en la proveeduría de partes de avión en el sector aeronáutico, empresas que participaron en la encuesta fueron:

- Safrán con el Sr. Olivier Pieps quien externó que precisamente en la ponencia que presentó durante los foros aeroespaciales, habló sobre la participación del sector autopartes en la proveeduría de partes de avión, dijo que es posible el encadenamiento entre ambos sectores.
- UTC Aerospace Systems con el Sr. Eben Blanchard quien explicó que producen motores para aviones comerciales con capacidad para más de 200 pasajeros, y que están también interesados en la proveeduría de partes de avión provenientes del

sector autopartes, cuentan con personal que está capacitado para analizar ésta proveeduría.

- Se visitó en stand de la Secretaría de Economía en el estado de Chihuahua, entrevistando a la Lic. Ana Luisa Núñez, promotor industrial, quien externó el interés en apoyar este proyecto.
- Flextronics división aeroespacial con el Sr. Pablo Pimentel, se interesó en apoyar este proyecto de proveeduría de partes de avión, indicando que a través de él se contactaría a las personas responsables para informar la experiencia que tienen en este proyecto, la empresa se encuentra localizada en Zapopan, Jalisco.
- A través del Lic. Andrés Tapia Leyva, el gobernador del estado de Baja California, Lic. Francisco Vega de la Madrid, comentó su disposición para obtener información de empresas del sector autopartes establecidas en Baja California que pueden estar proveyendo de partes de avión a la industria aeroespacial.
- El Lic. Juan Durazo de la empresa IVEMSA ubicada en Mexicali, Baja California, comentó que esta empresa se dedica a conectar empresas en el diseño de soluciones administrativas, establecimiento de empresas de albergue (pueden ser empresas aeronáuticas), establecimiento de empresas extranjeras en México, comentó que en el área de diseño es como puede haber relación entre empresas de autopartes y aeroespaciales.
- En el stand de FEMIA la Lic. Pamela Arellano comentó que con respecto al proyecto de integración de autopartes al sector aeronáutico, se debe de tomar en cuenta que se debe de tomar en cuenta que todos los clústers son diferentes, que el clúster aeronáutico se apoyó principalmente con MIT (universidad americana en el estado de Massachusetts), que el clúster de Querétaro fue desarrollado para las empresas que se quería ubicar y se detonó con la llegada de Bombardier, que en Baja California no había industria automotriz y que las empresas aeronáuticas llegaron como todas las empresas en B. C. con el interés de invertir, en Chihuahua si se tuvo empresas de autopartes que pueden fabricar partes de avión. Se ha pensado en el sector metalmecánico para la migración de proveeduría de partes de avión porque pueden ganar dinero al producir partes únicas. Habló de construir sinergias para que empresas que han dado el salto a la proveeduría de autopartes a partes de avión se transmitan su experiencia y conocimiento en las cadenas de valor. En Chihuahua la empresa Flextronics pasó de automotriz a proveedor de autopartes y que a través de su dirección de mercadotecnia se pueden coordinar este tipo de empresas. También la Lic. Pimentel comentó que la tasa de retorno de la inversión es de aproximadamente veinte años, que la certificación es primordial para ser proveedor en el sector aeronáutico. Asimismo, comentó que en Mexicali la empresa Honeywell tiene laboratorio de pruebas para simulación en la ventilación en el avión para Airbus y Boeing, esta empresa tiene siete años de experiencia cuenta con trescientos ingenieros, como vieron buenos resultados hace dos años abrieron la dirección para auto diseño de turbo cargadores, ahora quieren unir el laboratorio y el diseño, lo que da la idea de que las capacidades parecidas logran contar con un sistema más eficiente y que lo que cambia es el volumen. También externó que la empresa EATON tuvo la certificación para producir partes de avión cuatro años y que tuvieron que valorar el tiempo, el costo porque tienden a ser largos. El costo de las máquinas de alta precisión (CNC) son de gran inversión. Respecto a la política

pública dijo que hay varios problemas, por ejemplo la forma en que se clasifican las empresas. Otro punto es que se necesitan empresas especializadas y están buscando la manera de que se tengan grupos de trabajo para hacer esta especialización. Se tienen tres estados que cuentan con una industria aeroespacial bien desarrollada y que se tienen empresas mexicanas que hacen asientos como la empresa Soysa. En general externó que el sector aeroespacial tiene muchos matices, por ejemplo, vamos a entrar en el sector seguridad, en donde se tiene a los militares y se cuenta como otro mercado con especificaciones de seguridad específicas.

Institución entrevistada: Laboratorio Nacional Espacial y Automotriz en Querétaro

Nombre de la persona entrevistada: Dr. Saúl Santillán

Puesto de la persona: Director del laboratorio

Institución encuestada: Universidad Nacional Autónoma de México en Querétaro

Localización de la empresa: Juriquilla, Querétaro

El Laboratorio Nacional Espacial y Automotriz de reciente creación y que está a cargo del Dr. Saúl Santillán, depende la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en Querétaro, el Dr. Santillán comentó que este laboratorio apoyará a ambos sectores principalmente en el diseño, por lo que la importancia radica en el diseño de sistemas completo de partes y equipos, por ejemplo, el diseño de una caja de velocidades de automóviles dará empleo y tecnología a México.

Asimismo, dijo que investigar el Aeroclúster desarrollado en Canadá por la experiencia que tienen en la proveeduría de partes de avión y que varias de estas partes pueden proceder del sector autopartes.

El desarrollo de la proveeduría de partes de avión es sui generis, es muy distinta en responsabilidad civil y aquí es donde se presenta el cambio.

También comentó que la Federal Aviation Administration (FAA), entidad gubernamental responsable de la regulación de todos los aspectos de la aviación civil en los Estados Unidos, tiene claro los mecanismos de prueba y aceptación de procesos, desarrollo y normas, quien indica quien puede fabricar partes de avión y quién no.

La aeronáutica en general es un grupo cerrado y además no se tiene claro la distinción entre aeronáutica y aviación civil. La industria aeronáutica produce partes de avión, trabaja en mantenimiento, produce partes de avión, además de contar con certificación. Con respecto a la aviación civil se define la operación y las rutas, además de aplicar las normatividades para volar.

El sector aeronáutico es un grupo cerrado, no es fácil acceder a información por razones de seguridad y de competencia entre el mismo sector.

La empresa que ha tenido éxito en la proveeduría de partes avión y que incursionó cumpliendo los objetivos de la empresa KUO fue Alaxia.

Comentó también que la Universidad Aeronáutica en Querétaro (UNAQ) está por sacar una nueva carrera al mercado educativo y que es la del Ingeniero en Aviónica.

Externó que en el sector aeronáutico es indispensable que las empresas cada dos años se revaliden en cuanto a entrenamiento en mantenimiento, revisiones y calibraciones.

El laboratorio nacional espacial y automotriz se dedica a capacitar en el área espacial y automotriz en diseño, tomando en cuenta la educación de la mano de obra especializada en la industria espacial, porque a esto van las tendencias de las industrias espacial y automotriz, en donde espera que se cuente con la especialización en diseño de partes, el Dr. Santillán ve que la industria manufacturaría más partes de automóviles con mayor especialización de mano de obra.

Este centro avanzado en tecnología (CAT) en donde se encuentra el laboratorio prepara personal que sea capaz de verificar que se cumpla con los requerimientos estrictos que se tienen en la industria aeroespacial, dio el ejemplo de la trazabilidad de falla en cuanto se presenta un accidente, cuando esto sucede la FAA indica que no se vuela los aviones de X modelo hasta que no se aclare la falla, por ejemplo, el accidente que se tuvo en Malasia o en Brasil, en donde el medidor de altura falló, dio una altura cuando la altura real era menor y por lo tanto falló, buscan su fue el material, la mano de obra o manufactura (maquinaria).

Este laboratorio se mantiene al margen de las empresas aeroespaciales y automotrices, aunque puede y va hacer trabajos de competencia en los dos sectores.

Empresa encuestada: Alaxia Aerosystems

Nombre de la persona entrevistada: Ing. Baltazar Moncada

Puesto de la persona: Gerente de Operación

Antigüedad en la industria: 6 años

Localización de la empresa: Pedro Escobedo, Qro.

Página o redes sociales en internet: www.alaxia.com

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail): (442) 238-0982 / baltazar.moncada@alaxia.com.mx

Gerente de operaciones: Ing. Baltazar Moncada, antigüedad de cinco años o seis desde su apertura, la empresa se llama Alaxia aerosystem en lugar de grupo Kuo Aerospace, para evitar confusión de los clientes con el grupo Kuo de autopartes, una vez que se decidió continuar con el proyecto en el 2013 se cambió el nombre le gustó el nombre al dueño, yo tenía aquí que desde hace tiempo se tenía a Tremec, pocas empresas mexicanas que quedan de aeropartes, como Metalsa, Nemas, Bocar, en Agosto del 2013 se cambió a Alaxia.

¿Qué tipo de partes de avión o servicios es proveedor?

Respuesta; nosotros tenemos partes estructurales prácticamente de aluminio, partes para tren de aterrizaje, le llamamos partes de sistemas de sistemas auxiliares porque son bridas para las líneas de escape de motor, no queremos llamarle partes de motor verdad porque después también sabemos que esas son complicadas, de desahogo de la turbina, del escape de la parte del escape bridas de unión es lo que hacemos.

¿Qué nivel de proveeduría pertenecen Tier1, Tier2 o Tier3?

Respuesta: Fíjate que pertenecemos ahorita de los tres tipos, Tier1 para la parte de las estructuras surtimos directamente a un OEM, con la parte del tren de aterrizajes

como Tier2, ya con las otras de los componentes de las bridas eso si ya somos hasta como nivel Tier3, *las bridas son como sujetadores, ¿verdad?*, sí son las uniones entre los tubos para soldarlas y para que se puedan sujetar de ahí.

¿Experiencia en la cadena que motivo a su empresa a entrar en el negocio de proveeduría de partes de avión y que fue lo que lo acabó de convencer?

Respuesta: Fíjate que yo tengo la fortuna estar aquí desde dos años después de que comenzaron en el grupo y lo que yo escuché es que en la crisis del 2008 en la industria automotriz, y con la llegada de Bombardier aquí pues les empezó a surgir la idea de porque no incursionar en maquinados para la industria aeroespacial, que es prácticamente lo que nosotros hacemos maquinados de precisión y pues aprovechando la declive que había en la industria automotriz dijeron lo que podemos hacer es utilizar el mismo tipo de materiales, el tipo de maquinaria, la experiencia que tenemos en corte de rebaba, de viruta etc., algo podemos contribuir para la industria aeroespacial, y pues con Bombardier que aquí estaba pintando muchos éxitos en Querétaro, esa era una, y otra también es que esta planta prácticamente estaba siendo utilizada al 50% y estaba como bodega, entonces así como que bueno tenemos una ubicación a quince minutos de donde está Bombardier ni pintado, del parque aeroespacial, tenemos gente que sabe, este, que puede aprender tenemos maquinaria y equipo entonces ahí fue lo que empezó a convencer, y lo que nos terminó de convencer fue cuando por fin conseguimos los primeros contratos con estos clientes, que pues siempre si contamos desde que iniciamos ya como proyecto fueron dos años tres meses los que tuvimos que estar picando piedra para, empezamos en marzo de 2009 y para mayo de 2011 conseguimos los primeros contratos, hasta 2011 *¿y en esos años que hicieron?* pues fue pura inversión del proyecto, por parte de Tremec, esos dos años lo que hicimos fue certificarnos, remodelar todas estas plantas comprar las primeras máquinas con las que entramos, empezamos con dos máquinas que nos regaló Tremec otras tres máquinas que compramos, las instalaciones de laboratorio en la planta, comenzamos con la cuarta parte de lo que es ahorita estas pequeñas oficinas y este pues cotizando, logrando la certificación nosotros arrancamos en marzo de 2009, analizando cómo iba hacer el proyecto, en junio de ese mismo año lanzamos como el kick off de si sí vamos orale con el proyecto de aeroespacial y para diciembre de ese mismo año estábamos listos para la certificación, no más que nos certificamos hasta febrero pues creo que la certificadora no tuvo tiempo de venir, *con NADCAP*, no con AS9100, nos certificamos con AS9100, en su momento con la revisión de fue que nos certificamos, ya para febrero ya estábamos certificados en el 2010, y después lo siguiente fue cotizar las visitas a los clientes, ver sus diseños estar en la certificación, los requerimientos, estar cotizando, cotizando, proponiéndoles las cotizaciones, así fue como logramos, fueron tiempos ahí de mucho trabajo y de estimaciones.

¿Tiene afiliación o contacto con federaciones o asociaciones en la industria aeronáutica y con cuál?

Respuesta: Si, somos miembros de la FEMIA y del Aeroclúster de Querétaro.

¿Existe mano de obra calificada para incorporarse a la industria aeronáutica y tiene acceso a ésta, las universidades o institutos la están proveyendo?

Respuesta: Nosotros vamos a decir que contratamos tres grupos en forma general, diversos grupos, dos grupos los mandamos a preparar aquí a la UNAQ, de repente tuvimos necesidad de contratar más gente pero hubo un tiempo en que se saturaron, no sé si ahorita la UNAQ siga preparando gente, pero nosotros si tuvimos contacto con ellos y tenemos buena relación con ellos muy buena relación, y a través de ellos es que nosotros preparamos a nuestra gente no, y a través de ellos hemos hechos muchas capacitaciones de certificaciones, para cuestiones de ensamble de sellado, etc., a través de ese grupo de la UNAQ consiguieron muchas certificaciones.

¿Podemos decir que hay escalamiento de mano de obra, hay mejora?

Respuesta: El conocimiento es lo que te escala, que aprendieron que lo que saben hacer, la respuesta es sí, nosotros tenemos por ejemplo, tengo el caso donde yo tengo hasta el nivel de gerente de operaciones, haz de cuenta que entraron como operador y ahorita ya es supervisor, haz de cuenta que entraron como técnicos y ahora son ingenieros, los hemos proyectado con ese crecimiento.

¿De dónde son los ingenieros de aquí de la aeronáutica de Querétaro?

Respuesta: No unos vienen de la aquí del tecnológico de San Juan del Río y otros venían de León, otros son de la UNAQ de Querétaro, ¡entonces si hubo escalamiento! si hubo escalamiento.

¿Tecnológicamente si hubo escalamiento, no es fácil invertir en escalamiento, fue a solicitud de la empresa contratante o por parte de ustedes?

Respuesta: Nosotros hemos venido haciendo el escalamiento.

¿En qué escalaron?

Respuesta: Por ejemplo teníamos gente que ingresaron como técnicos de producción y ahorita tenemos gente especializada en la sección de ensamble y ahí ya tienen certificaciones.

¿Si pero en cuanto a maquinaria, tuvo que comprar nuevas para certificarse, y cumplir con las peticiones de las empresas aeronáuticas?

Respuesta: De hecho nosotros como proyecto aeroespacial decidimos entrar con equipos nuevos, con maquinarias, ya después de estar investigando nos dimos cuenta que la maquinaria que utilizamos en la industria automotriz no se adapta completamente a lo que necesitamos en la industria aeroespacial, entonces si tuvimos que comprar y equiparnos con material tecnológico diferente, *¿porque es otra área?*, es otra área y también mucho estamos hablando de máquinas pero por ejemplo, este, en nuestro caso decidimos incursionar mucho, invertir mucho por el lado de manufactura asistida por computadora, tecnológicamente ahí también invertimos, hubo un escalonamiento, y en esta parte es para pasar de la industria automotriz a la industria aeroespacial, esta parte es la parte más fuerte, haber metido mucha inversión en la parte de manufactura asistida por computadora, sobre todo las CNC que son equipos de maquinados pero la manera en que nosotros lo programamos y los usamos es a través del sistema CAD/CAM, normalmente en la industria automotriz no utilizamos mucho este tipo de herramientas, y aquí en la industria aeroespacial si las utilizamos mucho si tuvimos que hacer un upgrade a enfocar mucho la manufactura virtual o la manufactura especializada en ese sentido, ese si fue un escalonamiento, tanto de gente para pasar de automotriz a aeroespacial,

fue uno de los grandes cambios, y el tipo de máquinas también, nosotros aquí utilizamos muchas máquinas de control numérico que tienen cinco y cuatro eje cuando en la industria automotriz no es tan común este tipo de maquinaria con esta cantidad de ejes, es una de las grandes diferencias, incluso también para la parte de laboratorio en la parte de inspección, nosotros estamos programando los programas de CMM de medición up line, con un software que se llama calipso y entonces con esto hacemos toda nuestra programación de la medición de las piezas y nos metemos después a las máquinas CMM a que ahí mismo las midan, algo que normalmente en la industria automotriz las hacemos a mano, *pasa o no pasa*, si pasa o no pasa, o se programan las máquinas a mano, se van metiendo los programas, *no es tan riguroso las tolerancias, ¿su maquinaria cumple con las milésimas?* También fue lo que vimos, había algunos números de partes que exigían tolerancias más cerradas y más controladas, pero con las máquinas con las que hicieron el upgrade si las alcanzamos, con esto se fabricaban las bridas que tienen su complejidad más porque son de materiales que le llaman exóticos, titanio, zircones, que eso fue también algo de lo que nos costó mucho trabajo aprender a maquinar, porque al inicio batallamos incluso para conseguir proveedores de herramientas, *¿no las hay en México?*, yo creo que sí pero en aquellos tiempos 2009, 2010 no tan fácil las conseguíamos, cuando hallamos solamente, *¿tuvieron que ser extranjeras?*, tuvieron que ser extranjeras, al inicio nos apoyamos con unos consultores canadienses y a través de ellos conseguíamos las herramientas en Canadá, o con los mismos proveedores de herramientas una vez que entendieron que sus catálogos no estaban completos y se empezaron a apoyar con sus casas distribuidoras de Estados Unidos o Canadá, pues preguntado yo tengo este tipo de material para este tipo de producto, tu catálogo en México no lo tienes, te recomiendo este tipo de inserto este tipo de herramientas, y a través de esto comenzamos a trabajar.

¿Qué tipo de mano de obra calificada en aeronáutica ha contratado (licenciatura o técnico) y que experiencia tiene con su contratación (cumplen con las expectativas de la empresa), es totalmente mexicana?

Respuesta: Fíjate que los técnicos nosotros los hemos desarrollado, como contratar ha sido más licenciatura, los técnicos nos hemos enfocado más en desarrollarlos nosotros mismos con cursos, con las certificaciones, a través de la UNAQ, de los mismos clientes, o incluso dándoles nosotros mismos la capacitación, pero la licenciatura si hemos ido mucho por personal especializado, sobre todo en este tipo de herramientas de programación asistido por computadora, *¿entonces los ingenieros los contratan ustedes y desarrollan a los técnicos?*, sí, es mano de obra mexicana.

¿La inversión realizada fue de capital propio o requirió de fondos de la banca de fomento/apoyos gubernamentales?

Respuesta: Como comenté fue capital en su origen de TREMEC, no hubo apoyo gubernamental.

¿Qué experiencia tiene con su contratación?, es decir su contratación, ha sido fácil o difícil, ha sido gente preparada, llegan los ingenieros y saben de operación.

Respuesta: Ha sido difícil, fue difícil, nosotros desde un inicio sabíamos que no iba a ser fácil, que no íbamos a sacar las promociones de trabajo aquí, íbamos conseguir ingenieros de la industria aeroespacial, porque no había, entonces nosotros la estrategia que utilizamos fue hacer una combinación, conseguimos gente con experiencia en maquinados de precisión, y les dimos la capacitación para los requerimientos, las especificaciones de la industria aeroespacial y también contratamos gente recién egresada de la escuela, que la fuimos preparando y la fuimos desarrollando, dándoles los cursos de capacitación en donde nosotros los queríamos enfocar.

¿Son muchos los técnicos e ingenieros que tienen aquí para operar como tier 1, tier2 y tier3?

Respuesta: Si, a nivel de ingeniería tenemos 100 gentes, y de esas 100 gentes 13 son ingenieros que van a la parte manufactura, entre programadores de CNC e ingenieros de manufactura son los 13, contamos con cinco ingenieros de calidad, un especialista en el sistema de calidad, y estos son los técnicos, también tenemos ingenieros en la parte de proyectos, en la parte de desarrollo de proveedores, en la parte de compras, en la parte de control de producción, pero como que los que van contra el producto los de calidad y manufactura es la gente que tenemos.

¿Tienen experiencia y siguen creciendo verdad?

Respuesta: Siguen creciendo y se siguen desarrollando y con programas de capacitación, ahorita no hemos contratado, yo creo que el último que contratamos lleva ya un año, tenemos gente que tiene aquí con nosotros de ingenieros desde cuatro años, cuando empezamos a fabricar nuestras primeras piezas de pruebas, ellos entraron con nosotros son tres ingenieros y son los que ayudaron a crecer mucho.

¿Viven aquí cerca?

Respuesta: En Querétaro.

¿El desplazamiento no es problema?

Respuesta: Tenemos transporte, tenemos un camión con dos rutas que lleva gente a Querétaro. También tenemos gente local de aquí Pedro Escobedo y San Juan de Rio.

¿La inversión realizada fue de capital propio o requirió de fondos de la banca de fomento/apoyos gubernamentales?

Respuesta: Fue de capital propio, fue del mismo grupo.

¿Aproximadamente cuanto fue?

Respuesta: Para el arranque fuimos creciendo en forma gradual (modular), arrancamos con una inversión en puro equipo y activo como de unos 2 millones de dólares, fue con lo que empezamos en primer tiempo, si fuimos en esa parte muy conservadora al inicio, ya después comenzamos a hacer inversiones más fuertes que podemos decir que llegó a los siete u ocho millones de dólares de compra de

paquetes de máquinas adicionales. Las inversiones fueron hechas graduales en forma escalonada, ¿*Tremec*? El Grupo KUO.

¿Si tiene experiencia en acceso de fondos de fomento y desarrollo de parte de gobierno y/o de la banca, cuál ha sido su experiencia?

Respuesta: Hemos tenido con INADEM, más enfocado a transferencia de tecnología, de capacitación, también hemos tenido apoyos de ProMéxico, de la Secretaría de Desarrollo, muchos son de esos son como para promocionar, para viajes de ferias, capacitaciones, transferencia de tecnología, en ese sentido si nos hemos apoyado mucho. ¿*Con Conacyt*? De Conacyt no, de Conacyt iniciamos investigando, incursionando para entrar por Conacyt pero hasta ahorita no tenemos ninguno en la parte aeroespacial, por autopartes sí.

¿Si es posible conocer los rangos de inversión que llevó a cabo para elaborar partes de avión, aproximadamente en que rango fue?

Respuesta: Ya lo hablamos anteriormente.

¿En su experiencia que lo motivó hacer la inversión para la proveeduría de partes de avión sin haber sido antes proveedor de la industria aeronáutica?

Respuesta: Lo que decíamos precisamente todo ese boom que venía de la crisis en industria del 2008.

¿En qué tiempo estima la tasa de retorno de su inversión en la proveeduría de aeropartes?

Respuesta: La TIR la estábamos viendo con el grupo, nos pedía una TIR de cinco años, la verdad de como le digo los dos primeros años fueron de estar picando piedra, ha habido proyectos que se nos han ido a seis años los retornos de inversión, si son retornos de inversión de largo plazo, ¿*cuantos más calcula*? Ya por ejemplo uno o dos años más para toda la inversión es cuando estarán retornándose.

¿Esto le conviene a la empresa estar metiendo dinero?

Respuesta: Yo creo que pues es una respuesta difícil, por conveniencia no creo que nadie quiere meterle tanto tiempo y dinero, pero se hizo, habrá que arrancar de alguna una manera y yo creo que no teníamos mucha experiencia porque no había experiencia aquí en México, yo creo que por eso es lo importante de lo que está Usted haciendo para que otras personas no batallen como nosotros batallamos y eso es lo importante. Tiene la industria aeroespacial también sus ciclos, sus particularidades la forma de hacer negocios, tiene sus ciclos en las ventas también y ciclos en los volúmenes y es algo que no tienes mucha información a la mano y no estás muy acostumbrados y lo tienes que empezar vivir, el ejemplo que le ponía de las herramientas incluso, cuando asumíamos que una herramienta te podía costar cincuenta, ochenta dólares y te das cuenta que te cuesta 150, 200 o 300 dólares, y que no hay, es cuando comienzas irle aprendiendo, el valor de los productos que hacemos aquí nada que ver con los automotrices, no es un producto de alto volumen, es de bajo volumen alto valor, entonces y son conceptos que hay que ir entendiendo que son totalmente diferentes, yo creo que el nivel tecnológico un brinco natural es del automotriz a aeroespacial, pero si hay pocas grandes

diferencias, no son muchas diferencias pero son poquitas pero muy grandes, que hay que tenerlas bien en cuenta, si no podemos caer en muchos errores.

¿Qué recomienda, ya que ustedes tienen experiencia de haber dado el salto y que son una empresa consolidada que ya la reconoce la industria aeronáutica, que tienen que realizar para poder dar ese brinco?

Respuesta: Primero las tasas de retorno de inversión tienen que reconocerlas, la certificación, el tipo de maquinaria que está utilizando, la mano de obra calificada y certificada lo piden los clientes, *¿Quién la certifica la mano de obra?* La certifica la UNAQ, hay algunos que los certificamos con la UNAQ con cursos y otros que nosotros los preparamos y el mismo cliente viene aquí hacerle las pruebas y entonces ya dice certificada y aprobada, nosotros no hemos entrado a la ninguna certificación NADCAP, nosotros no tenemos certificado NADCAP, no hacemos procesos especiales ese tipo de procesos que requieran certificados NADCAP, es más que nada para ensambles pequeños que nosotros hacemos, de sellado, de remache, de baleros, de graseras, de bujes, subensambles todavía pequeños pero todo ese tipo de sellado, todo ese tipo de instalaciones, de bujes con nitrógeno y calentándolo necesitan la aprobación y visto bueno del cliente, certificar nuestros procesos, *el cliente pide la certificación a NADCAP y les dice a ustedes*, pero no todas las certificaciones que pide el cliente son NADCAP, hay certificaciones que son del cliente, se necesita una aprobación de ellos, el cliente visita la planta y autoriza los procesos que solicita, como que tiene tal capacitación, que tiene tantas horas de trabajo, tiene tal preparación, que haga tal número de probetas, etc., las revisa, ve cómo trabaja y el cliente certifica, te apruebo sí que puedes hacer este tipo de ensambles, este tipo de procesos, etc., contamos con alrededor de catorce o diecisiete aprobaciones de diferentes clientes para hacer cosas específicas, ellos nos deben de aprobar el método que utilizamos y como hacemos la medición de un chequeo de material (por ejemplo conductividad), no es de comprar el equipo y ya, puede ser sencilla o complicada la certificación que ellos nos dan pero tienen que venir a certificarnos y aprobarnos, nos dan un documento de certificación.

¿Puede replicarse lo que ustedes han hecho tanto en México como en otra parte del mundo?

Respuesta: Si pueden hacer lo que nosotros hemos hecho, pero son el tipo de cosas que hay que considerarlas, no solo decir voy a meterme a los ensambles y mañana voy a ensamblar, tienes que considerar que tienes que preparar a la gente capacitarla y llevarla y que también hay un tiempo de por medio, pero se puede hacer, solo hay que reconocerlo y trabajar. Reconocer que hay un nivel riesgo y evaluarlo, me he dado cuenta que cuando escuchamos la palabra riesgo pareciera que es algo que nos va a dañar, pero el chiste es reconocerlo y trabajar para mitigar ese riesgo para saber dónde está, estar al pendiente de saber que se tiene que hacer para mitigar ese riesgo y te apruebas y te certificas y estas vendiendo ese producto.

¿INA ha considerado replicar la experiencia de ALAXIA con otros empresarios de su gremio?

Respuesta: Desconozco si se ha considerado.

¿En nota periodística INA dice que se puede replicar, pero tiene usted conocimiento de alguna empresa como ustedes?

Respuesta: Tengo poca información, sé que pocas empresas están incursionando, pero que viene de autopartes no tengo ese conocimiento.

¿Podría usted dar un seminario que pudiera motivar a empresas de autopartes?

Respuesta: Esta industria tiene hablando en términos económicos tiene una desventaja la TIR es muy largo pero el negocio también, el ciclo de vida de un avión es de veinte a treinta años a diferencia de un automotriz que es de tres a cinco años, yo consigo un contrato con la industria automotriz ahorita y a los tres años tengo que pelear para conseguir el que sigue, *viene un desarrollo aeroespacial tremendo*, pero también hay mucha demanda de mano de obra calificada, desconozco la demanda pero se nota una complejidad para poder sacar la cantidad de personal especializado que se necesita tanto a nivel de ingeniería y nivel técnico, independientemente la Universidad Politécnica aquí en Querétaro tiene una carrera de ingenieros en procesos en manufactura, vamos buscando darles un diplomado de la industria aeroespacial para que conozcan requerimientos especificaciones, sistemas, regulaciones y todo lo demás que falta, se pudiera hacer el upgrade adecuado, pero aun así está limitada, es uno de los grandes retos, falta mano de obra especializada, es una limitante en este sector aeroespacial, la mayoría de la mano de obra son técnicos, en Zafrán comentan que se tiene mucha rotación, se aprovecha la mano de obra que tienen. El Ing. Moncada presentó sus diplomas y constancias de estudio sobre la industria aeroespacial de varias instituciones dedicadas a la capacitación de la industria aeroespacial, dice que para que le crean que sabe algo. Por medio del Tecnológico de Monterrey da cursos de normas para apoyo a la certificación. En 2015 a empleados de Alaxia les están dando cursos y diplomados, regulaciones, requerimientos, tipos de materiales en el Tecnológico de Monterrey, que tengan un poco más de involucramiento, muchas del personal que contrata no tienen formación de ingeniero aeronáutico, con ayuda del Tecnológico de Monterrey dan los temas, tengan un poco más de sentido pertenencia, más de cariño de la misma gente.

¿Cuáles fueron los mayores retos para alcanzar la adaptación de la operación y/o manufactura de la empresa en un modelo de proveedor de la Industria Aeroespacial?

Respuesta: El mayor reto es que esta industria es de poco volumen, mucha mezcla, este, el control y la buena administración de todos los periféricos para poder maquinar, hablamos de herramientas, montaduras, dispositivos, equipos de medición porque constantemente están cambiando, en mi planta de producción constantemente tengo que estar cambiando herramientas y haciendo cambios de modelo, porque yo un requerimiento del mes lo produzco en seis ocho horas, entonces una máquina le tengo que hacer un cambio de modelo dos o tres veces al día, no es un volumen continuo como el automotriz que hago un ajuste y corro siempre mismo, entonces para nosotros lo más importante fue controlar los tiempos y la calidad de todos los periféricos para hacer esos cambios de modelo rápido y bien hecho, que salga la pieza a la primera, esto fue una, el tipo de herramientas, la proveeduría de esas herramientas también fue un reto y por otro lado el otro reto fue

todo esto de programación virtual, la manufactura virtual es decir la programación de los CNCs.

¿Qué tuvo que hacer su empresa para poder manufacturar aeropartes, compró o escaló su maquinaria y/o equipo?

Respuesta: Es lo que vimos, compramos y escalamos tanto equipo y sistemas.

¿Para proveer aeropartes su maquinaria y equipo cumplió con las tolerancias solicitadas y en qué rango le fueron pedidas?

Respuesta: Aquí cuando dicen en que rango le fueron pedidas a que se refiere, *a las tolerancias*, por ejemplo cumplen las tolerancias de diez milésimas, si cumplimos las diez milésimas, cumplimos las diezmilésimas tanto para manufacturarlas como las cien milésimas para medirlas, tuvimos que comprar equipos más precisos de medición diferentes a los que tenemos allá (autopartes), y el tipo de máquina que tenemos nos pueden dar variaciones de hasta seis ocho micra de milímetro, si son más precisas, *usted tiene seguridad de esto por contar con contratos de hasta veinte años les da vida y estabilidad, ¿verdad?* Si así es, *esto es atractivo para una empresa de autopartes*, si es el atractivo y por contar con contratos a veinte años. Nosotros también comenzamos produciendo una pieza prototipo para helicóptero están en evaluación, no hay muchos productores nacionales.

¿El valor del volumen de producción de aeropartes es significativo en relación al valor en la producción de autopartes y porque?

Respuesta: Para nuestro caso si lo comparamos con Tremec no, nuestro valor del volumen que estamos produciendo lo que hace Alaxia contra lo que hace Tremec yo creo que es una veinteava parte, si no es que menos, la comparamos contra nosotros mismos es ya diferente, esto puede hacer una diferencia con las empresas si es una empresa automotriz que probablemente no tenga las mismas capacidades de inversión que grupo Tremec ahí es donde está la diferencia. Pero de todos modos se puede, nada más es cuestión de ir cuantificando la inversión de qué manera va a ser y como se puede ir incursionando poco a poco en la industria. *¿Cómo dar el brinco?* Gradualmente a la industria aeroespacial. *Entiendo que Alaxia y Tremec son dos cosas distintas*, así es, pero por ejemplo, todos los que arrancamos aquí, yo tengo diecisiete años en el grupo y de los diecisiete años en el grupo once años fueron en Tremec, y muchos de los que empezamos si nos que todos los que empezamos veníamos precisamente de Tremec, aquí empezamos, al inicio éramos los mismos, aunque venia la iniciativa del grupo nosotros apoyábamos con la gente de contabilidad, de finanzas, de recursos humanos, de compras indirectas de Tremec, *su carrera*, soy Ingeniero Mecánico.

¿En cuanto al cumplimiento de normas y certificaciones, cuál fue su experiencia en su obtención, el grado de inversión en este rubro resulto ser el esperado y porque?

Respuesta: Si las obtuvimos y las propias empresas lo otorgan.

¿El grado de inversión en normas fue lo que esperaba?

Respuesta: Sí, esto no fue tan desproporcionado, fue más claro el tipo de inversión que teníamos que hacer ahí.

¿Qué dificultades encontró para lograr las normas y certificaciones de su producto o servicio, fue el costo, el tiempo de obtención, requerimientos excesivos, etc.?

Respuesta: Curiosamente nosotros lo que más nos causó problema o dificultad, fue el tiempo como recurso que se tiene que invertir y nosotros quisiéramos que fuera automático, nosotros nos llevamos como unos seis siete meses para estar listos para la certificación, fue poco tiempo, comenzamos en marzo o abril y para diciembre ya estábamos listos, porque marzo y abril fue como para evaluar si le entrábamos o no, una vez que hicimos el lanzamiento, en mayo ya habíamos arrancado aunque en julio fue el kick off oficial y de ahí para diciembre nosotros ya lo teníamos listo, trabajamos haciendo un análisis entre lo que pide el ISO TS de la industria automotriz a la industria aeroespacial y algo de lo que nos costó más trabajo fueron ciertos requerimientos específicos, esas pocas grandes diferencias que pide el sistema al otro, pues como aterrizarlas, y que no teníamos mucha gente alrededor con experiencia que nos dijera míralo que están pidiendo significa esto o esto, ahora yo ya había pasado por un año antes de preparación, ya había cierta idea de cuáles son los cambios los requerimientos y que significaba y eso fue una gran ventaja obviamente, Tremec se preparó antes de iniciar con esto, cuando estaba estudiando el curso decía vamos a ir o no vamos ir, tu síguete es parte de lo que queremos analizar e investigar, para mí en ese momento eso fue una inversión adecuada pudiera decir que fue un gasto, pero fue una inversión adecuada, siempre los gastos antes de cometer el error son más baratos.

¿La localización de su empresa con respecto a la localización de la industria aeronáutica influyó para la toma de decisión de producir aeropartes, tal como los bajos costos en mano de obra, suministro de materiales específicos, apoyos gubernamentales e infraestructura logística?

Respuesta: Definitivamente si influyo, aquí estaba Bombardier, teníamos este espacio, estaban las instalaciones hechas por ejemplo esa otra parte, nosotros aquí usando esta misma instalación, no tuvimos que hacer la nave de inicio, a lo mejor por eso es que no fue tanta la inversión que hizo en un inicio, todas las instalaciones de lo que es el tratamiento de agua, áreas verdes, entradas, pavimentada, todos los requisitos para hacer una nave pues ya estaban instaladas, casi no más fue hacer el upgrade, unas pequeñas remodelaciones pues para tener lista la sección aeroespacial eso fue una gran ayuda también, no tuvimos que construir una nueva nave esto ayudo, y que la empresa cliente Bombardier está a quince minutos de su planta, solo tenemos como cliente a Bombardier.

¿Tiene Usted conocimiento de replicado de proveeduría similar a la de su empresa en otro lugar o país?

Respuesta: No tengo idea, nosotros mismos lo diseñamos, creamos y la levantamos.

¿Contribuye la proveeduría de aeropartes de su empresa en la disminución del peso del avión?

Respuesta: Nosotros no hemos llegado a ese nivel de contribución de diseñar, proponer, para manufacturarlo o para generar piezas que sean de menor peso, no tengo la certeza si lo que nosotros hacemos es con ese enfoque porque no nació de aquí, probablemente allá los clientes dijeron oye hazme esta pieza, porque ellos tienen sus cambios y mejoras, pero no lo hacemos, el cliente decide, Alaxia no tiene diseño, lo pueden hacer pero no están preparados.

¿El material que utiliza es importado o nacional, y cumple con las normas y certificaciones requeridas, qué tipo de material utiliza, tiene problemas en su obtención, el costo de las mismas no afecta la compra por el Tier al que provee?

Respuesta: El material es importado en su mayoría, es del 85% al 90% de importación, los materiales son aluminio, acero inoxidable, titanio, inconel y un poco de plásticos delre (polímero), cumpliendo las normas pedidas, no se tienen problemas de obtención solo cuando es un producto de un proyecto nuevo deben de ser proveedores aprobados por el cliente y buscarlo, no hay muchos en México (no hay muchos) y se lleva tiempo en hacer una investigación de proveedores aprobados por el cliente, el costo de la materia prima no afecta como proveedor Tier1, 2 y 3.

¿Si ha realizado creación de tecnología en su proveeduría de aeropartes, cuál ha sido?

Respuesta: No tenemos creación de tecnología.

¿Qué adecuación (es) tuvo que hacer a su nave industrial para manufacturar las aeropartes, maquinaria libre de polvos, dimensión del equipo, recomendación de la empresa certificadora, tipo de material a manufacturar, u otro por favor menciónelo?

Respuesta: Si tuvimos que hacer adecuaciones en áreas, hay un gran concepto que se llama el EPOD dentro de la industria aeroespacial hicimos mucho auge de eso, nosotros que vinimos de Tremec, que es una empresa que siempre ha trabajado mucho con la limpieza y el orden las cinco esas las herramientas, y fue algo que agarramos aquí de inmediato y eso nos ayudó mucho a agilizar el proceso de cambio de modelo, a detectar cuando hay productos extraños, a que no se nos contaminen los materiales y pues a pasar de manera limpia o sin mayor contratiempo el tipo de auditoria solicitado por el cliente, vamos a decir que es una herramienta que nos ayudó mucho, para que sea funcional la planta. Estamos abiertos a propuestas por parte de la certificadora, para mejoras y estar abiertos, debemos tener estaciones para que no se mezcle los materiales, para el transporte de materiales ya terminados no requieren transportes especializados, porque nuestras partes son pequeñas. Exportamos virtual y en forma directa Estados Unidos, Canadá, Polonia, esto es un aliciente para nuevos proveedores de la industria aeroespacial, como son los mismos clientes les vendemos aquí en México y en el exterior, tenemos clientes que vienen ven el producto nos certifican y les vendemos, hacemos la conversión para fabricación. No han tenido necesidad de usar la certificación NADCAP, valdría la pena para procesos de pintura, pero por el momento no lo tenemos. Para dar el salto no solo es inversión en equipo e instalaciones, pienso también está en el personal capacitado, es el conocimiento, principalmente a nivel de ingeniería son los que diseñan los métodos los mecanismo para que después el personal de mano de obra calificada los utilicen

adecuadamente, en estas partes en donde se utiliza mucho, se tiene apoyos gubernamentales, mucho es que la mano de obra quiera capacitarse en estas áreas especializadas.

¿Qué recomendaría a otras empresas de autopartes que lo hagan, que los convenza?

Respuesta: Creo que la gran ventaja que también tiene esta industria, es que son productos de gran valor, me puedo atrever a decir que son productos que todavía están bien pagados, porque a diferencia de la automotriz que todo el mundo están peleando por el mismo pan, acá no, acá el que esté listo en su momento va a ganar. Alaxia ya alcanza en este su séptimo año la tasa interna de retorno.

Entrevista en la Universidad Aeronáutica en Querétaro

Nombre de la persona entrevistada: Ing. Federico Pérez Fuentes

Puesto de la persona: Director de Vinculación y Planeación de la UNAQ

Antigüedad en la industria: 35 años

Localización de la empresa: Carretera Estatal 200 – No. 22154 Colón, Querétaro, Querétaro

Página o redes sociales en internet: www.unaq.edu.mx

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail): Federico.perz@unaq.edu.mx

La entrevista con el Ing. Pérez Fuentes se realizó en las instalaciones de la Universidad, se enfocó principalmente en la educación aeronáutica, programas y apoyos en la capacitación de la mano de obra que requiere la industria del sector aeroespacial, la universidad prepara en tres niveles: técnico básico, técnico medio y nivel licenciatura en ingeniería aeronáutica.

La característica del nivel básico reside en que son técnicos que se preparan en tres meses, para satisfacer de personal a las empresas aeronáuticas para trabajar en áreas de manufactura en operaciones de taladrado y remachado, entre algunas.

La universidad comenzó a operar en el año 2006 como compromiso de dar apoyo de mano de obra especializada a Bombardier, en el primer año comenzó la preparación de la mano de obra con 480 estudiantes, egresando durante el periodo 2006 – 2014 aproximadamente 5,000 estudiantes.

La certificación de los estudiantes la otorgan principalmente las empresas contratantes por su nivel de competencia, esto aplica en todos los niveles de preparación, la empresa contratante realiza pruebas prácticas y de conocimiento y basado en esto deciden contratar.

En cuanto a la oferta educativa para el nivel medio (técnico superior universitario), la característica principal es egresar con preparación práctica, una educación personalizada, con vinculación directa con el sector productivo, una formación enriquecida con un fuerte contenido en conocimientos de computación e idiomas, el tiempo de educación se establece en dos años y se egresa con el nivel de:

- Mantenimiento aeronáutico en el área aviónica
- Mantenimiento aeronáutico en el área planeador y motor

- Manufactura aeronáutica en el área de precisión

El técnico superior en mantenimiento en el área de aviónica sus competencias de preparación están en el coordinar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de aeronaves, para mantener la aeronavegabilidad y contribuir a la seguridad de la operación aérea, y también el dirigir la operación del taller de aviónica con base en los procedimientos establecidos, políticas de la empresa y la normatividad aplicable.

En cuanto al técnico superior en el área de planeación y motor sus competencias se centran en la coordinación de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de aeronaves, para mantener la aeronavegabilidad y contribuir a la seguridad de la operación aérea y dirigir la reparación de componentes mecánicos de motores aeronáuticos con base en los procedimientos establecidos y las políticas de la empresa.

Finalmente las competencias del técnico superior universitario en manufactura aeronáutica en el área de precisión se centran en coordinar procesos de manufactura aeronáutica, métodos y técnicas de fabricación, herramientas de planeación y supervisión y en desarrollar la manufactura de piezas aeronáuticas mecanizadas considerando las especificaciones técnicas, de calidad, equipos y métodos de mecanizado

En ingeniería aeronáutica la oferta educativa está dada en el área de manufactura aeronáutica y su principal competencia radica en plantear, analizar y resolver problemas en forma creativa a partir de sus conocimientos adquiridos, capacidad para realizar investigación científica y desarrollo tecnológico.

Asimismo, se ofrece el nivel de maestría en aeroespacial que fue creada a petición de la industria aeroespacial, en 2014 egresó la primera generación.

El Ing. Pérez fuentes expresó que el 10% de los egresados de los niveles básicos y medio superior regresan para continuar estudios superiores de licenciatura y posteriormente ingresan a la maestría en aeronáutica, actualmente hay mil 250 estudiantes inscritos, contemplando llegar a finales de 2015 con 1,700. También comentó que Bombardier está desarrollando áreas de diseño de partes para motor principalmente para General Electric y que el personal egresado también tendrá oportunidad de trabajo en ITP turbo reactores en el diseño de partes de turbina. Asimismo, indicó que se tienen dos nuevas carreras, una en ingeniería mecánica aeronáutica y la otra en sistemas electrónicos para aeronaves.

La UNAQ pertenece a la Asociación Civil de Universidades en Aeronáutica en la cual se cuenta con veinticinco universidades en el país.

Asimismo, la UNAQ cuenta con laboratorios en los que practican sus estudiantes y que son los mismos equipos con que cuentan las empresas aeronáuticas.

Actualmente, la UNAQ cotiza en educación continua, generando una facturación de tres a cuatro millones de pesos en cursos de capacitación y desarrollo de tecnología.

En 2014 la UNAQ llevó a cabo once proyectos aeronáuticos, siendo siete proyectos de incubación, tres para la fuerza aérea mexicana y uno para el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE). Uno de los primeros proyectos desarrollados

fue el realizado por la empresa Mobatek, que produce bases para componentes aeronáuticos y que por medio del logro de este proyecto se integró a la cadena de proveeduría del Centro de mantenimiento de Aeroméxico y Delta, también logreando proveer a Airbus Helicopter.

Asimismo, el Ing. Pérez Fuentes comentó que para 2015 la UNAQ cuenta también con once proyectos confirmados y con la continuación de proyectos para la fuerza aérea mexicana y uno más con la empresa española IBEROECA.

Se le preguntó al Ing. Pérez Fuentes si la UNAQ puede incubar empresas del sector autopartes para llevar a cabo proyectos de proveeduría aeroespacial, contestando que sí es posible, recomendando se lleven junto con empresas aceleradoras de negocios (hacia el sector aeronáutico), ligados a INADEM y CONACYT para que las empresas logren la fabricación de partes de avión.

Empresa encuestada ETU Turborreactores:

Nombre de la persona entrevistada: Ing. Jatziri Barrios Porras

Puesto de la persona: Dirección de proyecto

Antigüedad en la industria: 15 años

Localización de la empresa: Cuauhtémoc 3 Industrial San Pedrito Peñuelas, Qro.

Página o redes sociales en internet:

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail):

La entrevista con la experta en aeronáutica Ing. Jatziri Barrios se realizó en las instalaciones de la empresa ETU Turborreactores, se enfocó principalmente en conocer su experiencia en la fabricación de partes aeroespaciales y de cómo su empresa fabrica partes automotrices para Pemex, que sirvió como impulso para manufacturar partes aeronáuticas.

La empresa hace veinte años empezó a hacer investigación y desarrollo en productos como el sello seco (producto patentado), también lo hizo en productos de reacción de baja potencia, y en 2010 empezó a dedicarse más en forma a la aeronáutica, su célula de manufactura está en *producir bujes* para tren de aterrizaje de aviones, es una buena empresa en procesos controlados, cuentan con buena calificación en entregas a tiempo de su producto terminado. Comentó también que en proveeduría de partes de avión la cadena de valor no logra sinergia o compromiso para desarrollar proveedores nacionales, que es lenta y se tiene impacto en el nivel de confianza y en la obtención de certificaciones. Las piezas fabricadas las analizan haciendo pruebas no destructivas, además llevan tratamientos térmicos y de pintura, y obtienen la calificación y aprobación de NADCAP, esta certificación lleva tiempo, inversión y además de adecuar las líneas y sistemas de documentación.

El tipo de nivel de proveeduría al que pertenece es el Tier 2, enviando sus productos al Tier 1 en Canadá, quien realiza el ensamble de los mismos.

Comentó también que en promedio un avión contiene cinco millones de piezas que forman el ensamble de un avión en diez distintos modelos de avión en el aire, tanto en aviones del tipo comercial y militar.

En cuanto a la tasa de retorno de inversión (TIR) piensa que está de cinco a ocho años, dependiendo la industria y procesos, y que las pymes no pueden con la inversión que se requiere y que en definitiva no pueden por el horizonte de largo tiempo a recuperar su inversión.

El desarrollar proveedores en México no es de interés para las empresas ya que solo buscan partes y/o procesos que disminuyan costos, un compromiso para el desarrollo sería, yo pongo la infraestructura, tú me enseñas.

Por medio de la aceleradora internacional de empresas tecnológicas en Montreal (TECHBA, creada en 2004 por FUMEC y la Secretaría de Economía), se ubicaron y fueron empresa gacela con alto potencial para incorporarse al sector aeronáutico.

Esta empresa trabaja aceros especiales, manejando bajos volúmenes de producción de partes aeroespaciales (cinco piezas por lote).

El modelo de negocios que sigue la empresa es en línea y la inspección de sus productos se realiza al 100%, lo que da la calidad requerida por sus clientes.

El capital de esta empresa para proveer partes de avión a empresa terminal es soportado por la empresa Turborreactores que produce partes para PEMEX, por lo que decidieron creer hacia el sector aeronáutico.

La Ing. Jatziri Barrios comenta que los contratos con el sector aeronáutico se dan de 3 a cinco años, extendiéndose a veinte años de acuerdo a la vida útil del avión y ve crecer un 20% anual la fabricación de aviones a nivel mundial., considera que:

- 1.- Se tendrán nuevas líneas aéreas en Asia y América Latina

- 2.- La regulación al medio ambiente hace que los nuevos modelos de avión sean más eficientes y hará que se sustituyan los aviones viejos

Se le preguntó a la Ing. Barrios que tanto obliga la regulación ambiental a bajar el peso y la emisión de CO₂, la respuesta fue el gasto menor de combustible, a incorporar nuevos metales más ligeros como la fibra de carbono.

Las grandes empresas constructoras de aviones están relocalizando sus plantas de ensamble como estrategia para tener costos de logística más bajos aprovechando las zonas horarias de los proveedores (la comunicación y el tiempo de entrega se mejora), la empresa Boeing por ejemplo tiene una planta en Silicon Valley en California para tener tiempos de entrega menores y hacer más fácil el rastreo de calidad, esta empresa lleva un back log de cinco años de tiempo de espera para entrega de aviones, del modelo 737 se producen 19 por mes, para 2016 se pronostica ensamblar 36 por mes.

En cuanto a la obtención de certificación AS9100C, ésta se obtiene en un promedio de tres meses para maquinados, con solo esta certificación proveen piezas de avión, por la naturaleza de su producto no es necesaria la certificación NADCAP.

Con respecto al herramental la empresa se especializa para fabricar los bujes con titanio y recubrimiento de carbono, se le preguntó si compra su herramental en el exterior, contestando que ya hay proveedores nacionales, y que la programación de los herramientas de corte los hacen en su fábrica, los robots controlan la calidad.

Se le preguntó acerca de la mano de obra, comentando que no es fácil conseguirla, y que es difícil entrenarla esto se debe a la cultura que trae el personal, esta empresa capacita el 100% de operarios, la mayoría de su mano de obra la trajeron de la empresa Turborreactores, los siguientes operadores los trajeron de la Universidad Aeroespacial en Querétaro (UNAQ), con especialidad en calidad y maquinados en materiales exóticos como el titanio. A esta mano de obra se les enseña a no esconder las fallas, haciendo conciencia de que sus productos son ensamblados en aviones, y en estos la gente corre peligro si una pieza mal hecha puede ser causa de accidente, las tolerancias de fabricación alcanzan las diez milésimas de pulgada al procesarse en máquinas CNC (una diez milésima es del grosor de un cabello), por lo que es indispensable reportarlas y que tengan en cuenta que no se permite que consideren que está bien la pieza, se debe de consultar al supervisor y este a su vez a la gerencia o dirección de operaciones; los registros de producción e inspección los debe de guardar diez años.

La Ing. Barrios comentó que la trazabilidad se lleva desde el molino donde se funde el material hasta la pieza terminada, junto con la evidencia de inspecciones y pruebas; el llevar esta documentación para trazabilidad lleva un costo escondido, que es la documentación de llevar registros.

Se le cuestionó sobre los apoyos de fomento y comentó que siguen trabajando con TechBa a través de FUMEC por ser Pyme y con apoyos federales, comentó también que fabrican sellos de compresor de motor, anillos para motor y maquinados para los trenes de aterrizaje.

La directora de proyectos también comentó acerca del problema existente en la industria aeronáutica es que no se genera un compromiso entre el comprador y el vendedor, que no se cuenta con una cadena de proveeduría completa, no se cuenta con tratamientos especiales y que se requiere mayor apoyo federal, no cuentan con el capital suficiente para operar, la empresa Turborreactores sufraga los costos y gastos.

Asimismo, dijo que se requiere de reformas fiscales, aduanales y de fondos federales para las Pymes, una Pyme no tiene fondos para participar en este tipo de industrias, por lo que requieren de fondos federales. En cuanto a reforma fiscal comentó que en el mundo los impuestos varían por sector y modelo de negocio, que en México el 36% del impuesto se aplica en IETU, IVA e impuesto al salario, la hora máquina está en 40 y 50 dólares, en países en desarrollo está entre 80 y 100 dólares, en Polonia entre 30 y 35

dólares, en China 15 dólares. En cuanto aduanas en México (IMMEX) ya cambió la regulación ahora se tiene que estar certificado y después de cierto tiempo pagar IVA. En Turquía están actualmente muy fuertes en el sector aeroespacial, sin embargo el tema religioso les está pegando en todo el mundo, debido a parar la producción cuando tienen que rezar a la Meca, el gobierno y la cúpula religiosa están mezcladas, pero aun así son competitivos.

Por otro lado la Ing. Barrios comentó que están afiliados a la Federación Mexicana de la Industria aeroespacial (FEMIA), y que esta organización sería buena opción para vincular Pymes e industrias tractoras.

En cuanto a escalación tecnológica se utilizaron las mismas máquinas que tenía, más tres nuevas CNC, en mano de obra escalaron con los operarios más destacados que tenían en la empresa Turborreactores y después de los operarios con nivel básico e intermedio provenientes de la UNAQ, les costó tiempo entre tres y seis meses para la escalación, el punto básico fue que entendieran la filosofía del trabajo, es decir, entender lo que es la calidad en el sector aeronáutico más tener los conocimientos para elaborar las piezas, y el manejo de los materiales exóticos.

En su plantilla de operadores se cuenta con un operador estrella capacitado en la UNAQ, con un mecánico, no tienen ingeniero aeronáutico pero si un ingeniero industrial, el cual se capacitó en la empresa compradora en Seattle y básicamente su perfil es en calidad; esperan crecer más y vincularse para capacitar a más gente en la UNAQ. También cuentan con un ingeniero mecánico administrador con diplomado en aeronáutica, además de ir especializando al resto de su personal, del 100% de su personal el 3 – 4% son ingenieros, el 7% nivel medio y el resto en el nivel básico.

En inspección de procesos y calidad la empresa canadiense le revisa una vez al año basándose en la certificación AS9100C.

La estructura de la nave industrial sufrió adecuación en una primera etapa a 500 m² y una segunda etapa a 1,000 m², esperan que con estas adecuaciones el local este al 100% de acuerdo con el siguiente plan de desarrollo:

2015 – empieza a ensamblar piezas provenientes de Francia

2016 – doble abastecimiento, uno con el desarrollo de proveedores en México y otro con proveedores de Francia

2017 – ensamblan todas las piezas

2019 – lleva el 100% de la demanda en México

El primer contrato de un millón y medio de piezas con dos números de parte en tres años, actualmente están negociando dos y medio para fabricarse en diecisiete números de parte.

El proceso de entrada con un cliente comienza con el pedido de una sola pieza, si está bien se le piden de 20 a 50 piezas por año, por lo que el tiempo es crítico, es negocio pero cuesta mucho trabajar el número de partes.

Por último comento la Directora que las universidades deben de capacitar con un buen nivel de preparación, con calidad y valores, como la lealtad, el compromiso, honestidad y productividad, además de mejorar el nivel de inglés y debe ser obligatorio para técnicos. También que las universidades deben estar más vinculadas con las Pymes para tener más investigación y desarrollo. También expresó que el Conacyt si les apoya, no en un proyecto aeronáutico pero si en Turbo maquinaria por cuatro años seguidos.

Empresa encuestada Industrial TAMTO de Puebla, S.A. de C.V.:

Nombre de la persona entrevistada: Lic. Verónica Torres

Puesto de la persona: Directora de diseño y desarrollo

Antigüedad en la industria: 15 años

Empresa encuestada: Industrial Tamto de Puebla, S.A. de C.V.

Localización de la empresa: Calle Francisco Marlasca No. 4 – Col. San José del Puente

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail):

Ubicación en la cadena:

- ¿Qué tipo de parte (s) de avión o servicio (s) es proveedor?

Respuesta: Todavía no es proveedor, están en proceso de hacer prototipos. En autopartes pequeños componentes maquinados

- ¿En qué nivel de proveeduría pertenece Tier 2 o Tier 3, y desde hace cuánto tiempo?

Respuesta: Automotriz Tier 2, en el aeronáutico Tier 3.

Experiencia en la cadena:

- ¿Qué motivo a su empresa a entrar en el negocio de proveeduría de partes de avión y que fue lo que lo acabó de convencer?

Respuesta: Buscar un nicho de mercado diferente y especialización del personal, nos acabó de convencer la parte económica.

- ¿Tiene afiliación o contacto con federaciones o asociaciones en la industria aeronáutica y con cuál?

Respuesta: FEMIA

Ecosistema del negocio:

- ¿Existe mano de obra calificada para incorporarse a la industria aeronáutica y tiene acceso a ésta, las universidades o institutos la están proveyendo?

Respuesta: Si existe, esta empresa forma su personal especializado.

- ¿Qué tipo de mano de obra calificada en aeronáutica ha contratado (licenciatura o técnico) y que experiencia tiene con su contratación (cumplen con las expectativas de la empresa), es totalmente mexicana?

Respuesta: Cuenta con ingenieros industriales, ingenieros mecánicos, ingenieros químicos y técnicos en maquinados provenientes de universidades locales.

- ¿La inversión realizada fue de capital propio o requirió de fondos de la banca de fomento/apoyos gubernamentales?

Respuesta: La inversión es parte de la empresa y al inicio provino del gobierno, principalmente de Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC) y el CONACYT.

- ¿Si tiene experiencia en acceso de fondos de fomento y desarrollo de parte de gobierno y/o de la banca, cuál ha sido su experiencia?

Respuesta: Se necesita conocer bien la convocaría, tener personal con conocimiento para bajar fondos, bajaron fondos de ProMéxico y después los fondos aeroespaciales del CONACYT, con un programa de hace dos años, también les dio fondos el CIATEC.

- ¿Si es posible conocer los rangos de inversión que llevó a cabo para elaborar partes de avión, aproximadamente en que rango fue?

Respuesta: Les dieron en especie la inversión, es decir, les dieron capacitación por medio de un canadiense TUDOR (se encuentra en CIDECI en Querétaro), les ayudó para certificarse con un 75% del costo en CIATEC.

- ¿En su experiencia que lo motivó hacer la inversión para la proveeduría de partes de avión sin haber sido antes proveedor de la industria aeronáutica?

Respuesta: La proyección de ventas y crecimiento que se puede tener.

- ¿En qué tiempo estima la tasa de retorno de su inversión en la proveeduría de aeropartes?

Respuesta: En aproximadamente en tres años, lo han analizado.

Manufactura y operación:

- ¿Cuáles fueron los mayores retos para alcanzar la adaptación de la operación y/o manufactura de la empresa en un modelo de proveedor de Industria Aeroespacial?

Respuesta: Primero se tienen que separar las áreas, el reto es la solvencia económica hasta tener un cliente se comienza a vender y a ser proveedor aeronáutico, piensa que en dos años supera el reto.

- ¿Qué tuvo que hacer su empresa para poder manufacturar aeropartes, compró o escaló su maquinaria y/o equipo?

Respuesta: Van comprar maquinaria para escalar, aunque cuentan con maquinaria con la cual pueden cumplir con los requerimientos.

- ¿Para proveer aeropartes su maquinaria y equipo cumplió con las tolerancias solicitadas y en que rango le fueron pedidas?

Respuesta: Lo han hecho partes, el certificado se los dieron hace dos meses (mayo de 2015), están trabajando en el plan estratégico.

- ¿El valor del volumen de producción de aeropartes es significativo en relación al valor en la producción de autopartes y porque?

Respuesta: Si es significativo, con las cifras de los estudios en revistas especializadas en manufactura de ProMéxico nos hemos comparado y vemos que si hay significancia.

- ¿En cuanto al cumplimiento de normas y certificaciones, cuál fue su experiencia en su obtención, el grado de inversión en este rubro resulto ser el esperado y porque?

Respuesta: Tienen el certificado AS9100C, fue un trabajo de choque de culturas a pesar de tener ISO 9000, la obtención fue tardada a pesar de haberse preparado por un año.

- ¿Qué dificultades encontró para lograr las normas y certificaciones de su producto o servicio, fue el costo, el tiempo de obtención, requerimientos excesivos, etc.?

Respuesta: Fue costoso, un año, el principal obstáculo fue el idioma inglés.

- ¿La localización de su empresa con respecto a la localización de la industria aeronáutica influyó para la toma de decisión de producir aeropartes, tal como los bajos costos en mano de obra, suministro de materiales específicos, apoyos gubernamentales e infraestructura logística?

Respuesta: No es limitante la distancia y la diferencia en costos al dar el salto a aeronáutica subirá, desconocen en qué medida.

Conocimiento de replicado a otro lugar o país:

- ¿Tiene Usted conocimiento de replicado de proveeduría similar a la de su empresa en otro lugar o país?

Respuesta: Conoció una empresa en Puebla que iba a hacer tratamientos térmicos, no siguió porque la empresa no tenía cliente.

Valores a considerar en la industria aeroespacial:

- ¿Contribuye la proveeduría de aeropartes de su empresa en la disminución del peso del avión?

Respuesta: No contribuye.

- ¿El material que utiliza es importado o nacional, y cumple con las normas y certificaciones requeridas, que tipo de material utiliza, tiene problemas en su obtención, el costo de las mismas no afecta la compra por el Tier al que provee?

Respuesta: Algunos materiales son importados y algunos en su mayoría nacionales (para válvulas).

- ¿Si ha realizado creación de tecnología en su proveeduría de aeropartes, cuál ha sido?

Respuesta: Creación en dispositivos y la forma de hacer los tratamientos térmicos.

Infraestructura de la nave industrial:

- ¿Qué adecuación (es) tuvo que hacer a su nave industrial para manufacturar las aeropartes, maquinaria libre de polvos, dimensión del equipo, recomendación de la empresa certificadora, tipo de material a manufacturar, u otro por favor menciónelo?

Respuesta: Adecuar nueva área completamente, la planeación de layout, adecuación de oficinas de personal preparado en aeronáutica, laboratorio de medición, la inversión es infinita pero van a realizarla poco apoco, de acuerdo vayan salido los proyectos. Sin embargo, algunos tratamientos térmicos y químicos los van hacer afuera y poner los almacenes en orden.

Empresa encuestada AXON Interconexiones, S.A de C.V.:

Nombre de la persona entrevistada: Lic. Beatriz Aguilar

Puesto de la persona: Gerente General

Antigüedad en la industria: 18 años

Empresa encuestada: AXON

Localización de la empresa: Ave. Peñuelas # 21 – A1, Industrial San Pedrito Peñuelas, Qro.

Página o redes sociales en internet: www.axon-cable.com

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail): b.aguilar@axoncable.com

Ubicación en la cadena:

- ¿Qué tipo de parte (s) de avión o servicio (s) es proveedor?
Cables, conexiones y arneses completos
- ¿En qué nivel de proveeduría pertenece Tier 2 o Tier 3, y desde hace cuánto tiempo?
Tier 2 y Tier 3 en aeronáutica

Experiencia en la cadena:

- ¿Qué motivo a su empresa a entrar en el negocio de proveeduría de partes de avión y que fue lo que lo acabó de convencer?
En Europa se tomó la decisión de proveer, la producción en México es vender a la rama automotriz, a nivel de organización se vende al sector aeronáutico.
- ¿Tiene afiliación o contacto con federaciones o asociaciones en la industria aeronáutica y con cuál?
FEMIA

Ecosistema del negocio:

- ¿Existe mano de obra calificada para incorporarse a la industria aeronáutica y tiene acceso a ésta, las universidades o institutos la están proveyendo?
Su mano de obra está capacitada en Europa.
- ¿Qué tipo de mano de obra calificada en aeronáutica ha contratado (licenciatura o técnico) y que experiencia tiene con su contratación (cumplen con las expectativas de la empresa), es totalmente mexicana?
De alta tecnología dentro de la rama automotriz.
- ¿La inversión realizada fue de capital propio o requirió de fondos de la banca de fomento/apoyos gubernamentales?
Es del grupo y han recibido también de Prodiat para certificación.
- ¿Si tiene experiencia en acceso de fondos de fomento y desarrollo de parte de gobierno y/o de la banca, cuál ha sido su experiencia?
Sí, solo apoyos.
- ¿Si es posible conocer los rangos de inversión que llevó a cabo para elaborar partes de avión, aproximadamente en que rango fue?
2,000,000 de pesos
- ¿En su experiencia que lo motivó hacer la inversión para la proveeduría de partes de avión sin haber sido antes proveedor de la industria aeronáutica?
Las oportunidades del negocio que se están dando en el mercado.
- ¿En qué tiempo estima la tasa de retorno de su inversión en la proveeduría de aeropartes?

Manufactura y operación:

- ¿Cuáles fueron los mayores retos para alcanzar la adaptación de la operación y/o manufactura de la empresa en un modelo de proveedor de Industria Aeroespacial?
La homologación y el aporte de la OEM, y certificación de los componentes.
- ¿Qué tuvo que hacer su empresa para poder manufacturar aeropartes, compró o escaló su maquinaria y/o equipo?
Fue una transferencia de tecnología.

- ¿Para proveer aeropartes su maquinaria y equipo cumplió con las tolerancias solicitadas y en que rango le fueron pedidas?
Tolerancias en aeronáutico si las cumplen, normas especiales de AS9100, cada año la certifican el grupo certifica cada 2 años.
- ¿El valor del volumen de producción de aeropartes es significativo en relación al valor en la producción de autopartes y porque?
No, por ser un negocio pequeño comparado con el automotriz.
- ¿En cuanto al cumplimiento de normas y certificaciones, cuál fue su experiencia en su obtención, el grado de inversión en este rubro resulto ser el esperado y porque?
Están homologados y seguridad en aviación civil, con el militar no.
- ¿Qué dificultades encontró para lograr las normas y certificaciones de su producto o servicio, fue el costo, el tiempo de obtención, requerimientos excesivos, etc.?
El costo en un inicio a la implantación, la certificación en un año para lograr la migración a AS9100.
- ¿La localización de su empresa con respecto a la localización de la industria aeronáutica influyó para la toma de decisión de producir aeropartes, tal como los bajos costos en mano de obra, suministro de materiales específicos, apoyos gubernamentales e infraestructura logística?
En Querétaro hay un boom en los dos sectores.

Conocimiento de replicado a otro lugar o país:

- ¿Tiene Usted conocimiento de replicado de proveeduría similar a la de su empresa en otro lugar o país?
Competidores en cable no los tienen, ellos se han diversificado.

Valores a considerar en la industria aeroespacial:

- ¿Contribuye la proveeduría de aeropartes de su empresa en la disminución del peso del avión?
Hasta 50% en algunos de sus productos.
- ¿El material que utiliza es importado o nacional, y cumple con las normas y certificaciones requeridas, que tipo de material utiliza, tiene problemas en su obtención, el costo de las mismas no afecta la compra por el Tier al que provee?
Importa los cables y algunas partes de conectores.
- ¿Si ha realizado creación de tecnología en su proveeduría de aeropartes, cuál ha sido?
No hay Investigación y Desarrollo en México, quieren contar con diseño y componentes de materiales en México

Infraestructura de la nave industrial:

- ¿Qué adecuación (es) tuvo que hacer a su nave industrial para manufacturar las aeropartes, maquinaria libre de polvos, dimensión del equipo, recomendación de la empresa certificadora, tipo de material a manufacturar, u otro por favor menciónelo?
Si adecuaron porque llegan nuevos proyectos de Francia

Empresa encuestada Tecnum:

Nombre de la persona entrevistada: **Guillermo Bonilla M.**
Puesto de la persona: **Gerente General**
Antigüedad en la industria: **30 años**
Empresa encuestada: **TECNUM Services**
Localización de la empresa: **Calle 2 No 106B. Z.I. Juríca; Querétaro**
Página o redes sociales en internet: **www.tecnum.com.mx**
Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail): **Guillermo.Bonilla@tecnum.com.mx**

Ubicación en la cadena:

- ¿Qué tipo de parte (s) de avión o servicio (s) es proveedor?
Trenes de aterrizaje y Motores
- ¿En qué nivel de proveeduría pertenece Tier 2 o Tier 3, y desde hace cuánto tiempo?
Tier3

Experiencia en la cadena:

- ¿Qué motivo a su empresa a entrar en el negocio de proveeduría de partes de avión y que fue lo que lo acabó de convencer?
Diversificación de mercados, menos competencia
- ¿Tiene afiliación o contacto con federaciones o asociaciones en la industria aeronáutica y con cuál?
FEMIA

Ecosistema del negocio:

- ¿Existe mano de obra calificada para incorporarse a la industria aeronáutica y tiene acceso a ésta, las universidades o institutos la están proveyendo?
Si
- ¿Qué tipo de mano de obra calificada en aeronáutica ha contratado (licenciatura o técnico) y que experiencia tiene con su contratación (cumplen con las expectativas de la empresa), es totalmente mexicana?
Técnicos mexicanos
- ¿La inversión realizada fue de capital propio o requirió de fondos de la banca de fomento/apoyos gubernamentales?
Propios
- ¿Si tiene experiencia en acceso de fondos de fomento y desarrollo de parte de gobierno y/o de la banca, cuál ha sido su experiencia?
No
- ¿Si es posible conocer los rangos de inversión que llevó a cabo para elaborar partes de avión, aproximadamente en que rango fue?
Reservado
- ¿En su experiencia que lo motivó hacer la inversión para la proveeduría de partes de avión sin haber sido antes proveedor de la industria aeronáutica?
Dar mayor valor a la empresa
- ¿En qué tiempo estima la tasa de retorno de su inversión en la proveeduría de aeropartes?
5 a 7 años

Manufactura y operación:

- ¿Cuáles fueron los mayores retos para alcanzar la adaptación de la operación y/o manufactura de la empresa en un modelo de proveedor de Industria Aeroespacial?
Certificaciones; administración de proyectos
- ¿Qué tuvo que hacer su empresa para poder manufacturar aeropartes, compró o escaló su maquinaria y/o equipo?
Escalar equipos y comprar nuevos
- ¿Para proveer aeropartes su maquinaria y equipo cumplió con las tolerancias solicitadas y en que rango le fueron pedidas?
Si
- ¿El valor del volumen de producción de aeropartes es significativo en relación al valor en la producción de autopartes y porque?
No los es aún. Estamos en una etapa inicial
- ¿En cuanto al cumplimiento de normas y certificaciones, cuál fue su experiencia en su obtención, el grado de inversión en este rubro resultó ser el esperado y porque?
Fue mayor; la implementación de una nueva cultura es costosa
- ¿Qué dificultades encontró para lograr las normas y certificaciones de su producto o servicio, fue el costo, el tiempo de obtención, requerimientos excesivos, etc.?
N.A.
- ¿La localización de su empresa con respecto a la localización de la industria aeronáutica influyó para la toma de decisión de producir aeropartes, tal como los bajos costos en mano de obra, suministro de materiales específicos, apoyos gubernamentales e infraestructura logística?
Localización geográfica ayuda

Conocimiento de replicado a otro lugar o país:

- ¿Tiene Usted conocimiento de replicado de proveeduría similar a la de su empresa en otro lugar o país?
No

Valores a considerar en la industria aeroespacial

- ¿Contribuye la proveeduría de aeropartes de su empresa en la disminución del peso del avión?
Si
- ¿El material que utiliza es importado o nacional, y cumple con las normas y certificaciones requeridas, que tipo de material utiliza, tiene problemas en su obtención, el costo de las mismas no afecta la compra por el Tier al que provee?
Importado y nacional
- ¿Si ha realizado creación de tecnología en su proveeduría de aeropartes, cuál ha sido?
Métodos avanzados de manufactura

Infraestructura de la nave industrial:

- ¿Qué adecuación (es) tuvo que hacer a su nave industrial para manufacturar las aeropartes, maquinaria libre de polvos, dimensión del equipo, recomendación de la empresa certificadora, tipo de material a manufacturar, u otro por favor menciónelo?

Empresa encuestada Procesos Industriales Rymsa, S.A. de C.V.:

Nombre de la persona entrevistada: Francisco Arceo D.

Puesto de la persona: Director de desarrollo de negocio

Antigüedad en la industria: 5 años

Empresa encuestada: Procesos Industriales RYMSA, S.A. de C.V.

Localización de la empresa: Querétaro

Página o redes sociales en internet: www.rymsa.net

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail) francisco.arceo@rymsa.net

Ubicación en la cadena:

- ¿Qué tipo de parte (s) de avión o servicio (s) es proveedor?
En proceso de ser certificado en AS9100
- ¿En qué nivel de proveeduría pertenece Tier 2 o Tier 3, y desde hace cuánto tiempo?
TIER 2. En proceso de ser proveedores.

Experiencia en la cadena:

- ¿Qué motivo a su empresa a entrar en el negocio de proveeduría de partes de avión y que fue lo que lo acabó de convencer?
Diversificar los sectores en los que participamos. Los contratos multianuales ofrecidos por los clientes.
- ¿Tiene afiliación o contacto con federaciones o asociaciones en la industria aeronáutica y con cuál?
No.

Ecosistema del negocio:

- ¿Existe mano de obra calificada para incorporarse a la industria aeronáutica y tiene acceso a ésta, las universidades o institutos la están proveyendo?
Sí.
- ¿Qué tipo de mano de obra calificada en aeronáutica ha contratado (licenciatura o técnico) y que experiencia tiene con su contratación (cumplen con las expectativas de la empresa), es totalmente mexicana?
Con Maestría. Sí cumplen con expectativa, y totalmente mexicana.
- ¿La inversión realizada fue de capital propio o requirió de fondos de la banca de fomento/apoyos gubernamentales?
Propio.
- ¿Si tiene experiencia en acceso de fondos de fomento y desarrollo de parte de gobierno y/o de la banca, cuál ha sido su experiencia?
Sí.
- ¿Si es posible conocer los rangos de inversión que llevó a cabo para elaborar partes de avión, aproximadamente en que rango fue?
\$2M USD
- ¿En su experiencia que lo motivó hacer la inversión para la proveeduría de partes de avión sin haber sido antes proveedor de la industria aeronáutica?
Los clientes aeroespaciales nos invitaron a participar.

- ¿En qué tiempo estima la tasa de retorno de su inversión en la proveeduría de aeropartes?
2 años.

Manufactura y operación:

- ¿Cuáles fueron los mayores retos para alcanzar la adaptación de la operación y/o manufactura de la empresa en un modelo de proveedor de Industria Aeroespacial?
La documentación de calidad y manufactura.
- ¿Qué tuvo que hacer su empresa para poder manufacturar aeropartes, compró o escaló su maquinaria y/o equipo?
Invertí en maquinaria.
- ¿Para proveer aeropartes su maquinaria y equipo cumplió con las tolerancias solicitadas y en que rango le fueron pedidas?
Sí.
- ¿El valor del volumen de producción de aeropartes es significativo en relación al valor en la producción de autopartes y porque?
Es el 20%.
- ¿En cuanto al cumplimiento de normas y certificaciones, cuál fue su experiencia en su obtención, el grado de inversión en este rubro resultó ser el esperado y porque?
Nos abrió puertas con otros clientes estar en proceso de la certificación.
- ¿Qué dificultades encontró para lograr las normas y certificaciones de su producto o servicio, fue el costo, el tiempo de obtención, requerimientos excesivos, etc.?
Ninguna, nuestro sistema de calidad estaba suficientemente robusto, el esfuerzo para llegar a la certificación fue mínimo.
- ¿La localización de su empresa con respecto a la localización de la industria aeronáutica influyó para la toma de decisión de producir aeropartes, tal como los bajos costos en mano de obra, suministro de materiales específicos, apoyos gubernamentales e infraestructura logística?
Sí

Conocimiento de replicado a otro lugar o país:

- ¿Tiene Usted conocimiento de replicado de proveeduría similar a la de su empresa en otro lugar o país?
No.

Valores a considerar en la industria aeroespacial:

- ¿Contribuye la proveeduría de aeropartes de su empresa en la disminución del peso del avión?
Sí.
- ¿El material que utiliza es importado o nacional, y cumple con las normas y certificaciones requeridas, que tipo de material utiliza, tiene problemas en su obtención, el costo de las mismas no afecta la compra por el Tier al que provee?

Ambos. El cliente nos indica dónde comprar el material.

- ¿Si ha realizado creación de tecnología en su proveeduría de aeropartes, cuál ha sido?
No.

Infraestructura de la nave industrial:

- ¿Qué adecuación (es) tuvo que hacer a su nave industrial para manufacturar las aeropartes, maquinaria libre de polvos, dimensión del equipo, recomendación de la empresa certificadora, tipo de material a manufacturar, u otro por favor menciónelo?
Ninguna.

Empresa encuestada Global Composites:

Nombre de la persona entrevistada: Ing. Miguel Ramos

Puesto de la persona: Aseguramiento de Calidad

Antigüedad en la industria: 3 años

Empresa encuestada: Global Composites

Localización de la empresa: Querétaro

Página o redes sociales en internet:

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail):

Ubicación en la cadena:

- ¿Qué tipo de parte (s) de avión o servicio (s) es proveedor?
En proceso de aceptación.
- ¿En qué nivel de proveeduría pertenece Tier 2 o Tier 3, y desde hace cuánto tiempo?
En automotriz Tier 2, en aeroespacial será Tier 3.

Experiencia en la cadena:

- ¿Qué motivo a su empresa a entrar en el negocio de proveeduría de partes de avión y que fue lo que lo acabó de convencer?
Se encuentran en proceso de fabricación de prototipo de asientos de avión con fibra de vidrio, empresa incubada en la UNAQ.
- ¿Tiene afiliación o contacto con federaciones o asociaciones en la industria aeronáutica y con cuál?
FEMIA y FAA

Ecosistema del negocio:

- ¿Existe mano de obra calificada para incorporarse a la industria aeronáutica y tiene acceso a ésta, las universidades o institutos la están proveyendo?
Se necesita capacitación en manejo de fibra de carbón con expertos y permear enseñanza a técnicos en manufactura.
- ¿Qué tipo de mano de obra calificada en aeronáutica ha contratado (licenciatura o técnico) y que experiencia tiene con su contratación (cumplen con las expectativas de la empresa), es totalmente mexicana?
Cuentan con 3 Ingenieros Industriales, y un experto en fibra de carbón que trabajó en Bombardier.
- ¿La inversión realizada fue de capital propio o requirió de fondos de la banca de fomento/apoyos gubernamentales?
Capital propio.

- ¿Si tiene experiencia en acceso de fondos de fomento y desarrollo de parte de gobierno y/o de la banca, cuál ha sido su experiencia?
Hemos contado con apoyo de instituciones como el FIT.
- ¿Si es posible conocer los rangos de inversión que llevó a cabo para elaborar partes de avión, aproximadamente en que rango fue?
N/D
- ¿En su experiencia que lo motivó hacer la inversión para la proveeduría de partes de avión sin haber sido antes proveedor de la industria aeronáutica?
La familia dueña de la empresa matriz comercializadora de materiales para maquinados, quiere saltar a la proveeduría de partes de avión.
- ¿En qué tiempo estima la tasa de retorno de su inversión en la proveeduría de aeropartes?
Están en proceso de evaluación de prototipo.

Manufactura y operación:

- ¿Cuáles fueron los mayores retos para alcanzar la adaptación de la operación y/o manufactura de la empresa en un modelo de proveedor de Industria Aeroespacial?
Instalaciones y mano de obra.
- ¿Qué tuvo que hacer su empresa para poder manufacturar aeropartes, compró o escaló su maquinaria y/o equipo?
Compró la maquinaria y se instaló en un parque que les diera status, la nave según requerimientos de las empresas ensambladoras debe de ser limpia.
- ¿Para proveer aeropartes su maquinaria y equipo cumplió con las tolerancias solicitadas y en que rango le fueron pedidas?
Cumple con lo requerido por la industria aeroespacial.
- ¿El valor del volumen de producción de aeropartes es significativo en relación al valor en la producción de autopartes y porque?
Por el momento no es significativo, puede ser de 1 a 50 piezas.
- ¿En cuanto al cumplimiento de normas y certificaciones, cuál fue su experiencia en su obtención, el grado de inversión en este rubro resulto ser el esperado y porque?
Cuenta con el AS9100.
- ¿Qué dificultades encontró para lograr las normas y certificaciones de su producto o servicio, fue el costo, el tiempo de obtención, requerimientos excesivos, etc.?
Instalaciones y tiempo.
- ¿La localización de su empresa con respecto a la localización de la industria aeronáutica influyó para la toma de decisión de producir aeropartes, tal como los bajos costos en mano de obra, suministro de materiales específicos, apoyos gubernamentales e infraestructura logística?
Sí

Conocimiento de replicado a otro lugar o país:

- ¿Tiene Usted conocimiento de replicado de proveeduría similar a la de su empresa en otro lugar o país?
Alaxia en metalmecánica y herramientas.

Valores a considerar en la industria aeroespacial:

- ¿Contribuye la proveeduría de aeropartes de su empresa en la disminución del peso del avión?

Si, la fibra de carbono.

- ¿El material que utiliza es importado o nacional, y cumple con las normas y certificaciones requeridas, que tipo de material utiliza, tiene problemas en su obtención, el costo de las mismas no afecta la compra por el Tier al que provee?

Si, la fibra de vidrio es importada de China y la fibra de carbono de Estados Unidos.

- ¿Si ha realizado creación de tecnología en su proveeduría de aeropartes, cuál ha sido?

No.

Infraestructura de la nave industrial:

- ¿Qué adecuación (es) tuvo que hacer a su nave industrial para manufacturar las aeropartes, maquinaria libre de polvos, dimensión del equipo, recomendación de la empresa certificadora, tipo de material a manufacturar, u otro por favor menciónelo?

Todo se rentó, es nueva planta.

Anexo 2

Flujo neto de efectivo basado en EBITDA²⁴:

A continuación se presentan las cifras de EBITDA de 2008 (año de funcionamiento de Alaxia Aerospace del Grupo Kuo, con objeto de hacer el análisis de la tasa interna de retorno. Asimismo, se anexan cuadros de estados consolidados de flujo de efectivo del Grupo KUO²⁵.

Grupo Kuo, S.A.B. de C.V.

Kuo automotriz flujo de efectivo
(Cifras en millones de dólares y millones de pesos)

	2008	2007
Ventas	\$537	\$456
Exportaciones	328	276
Resultado después de Gastos Generales	28	18
Margen de operación	5%	4%
Flujo de operación (EBITDA)	53	40

Kuo automotriz flujo de efectivo

(Cifras en millones de dólares y millones de pesos)

	2010	2009
Ventas	313	330
Exportaciones	193	231
Resultado después de gastos generales	19	19
Margen de operación	6%	6%
EBITDA	35	37

²⁴ Ebitda es un indicador financiero representado mediante un acrónimo que significa en inglés Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization.

²⁵ Datos obtenidos de la página de KUO en internet.

Grupo Kuo, S.A.B. de C.V.

Kuo automotriz flujo de efectivo

(Cifras en millones de dólares y millones de pesos)

	2012	2011
Ventas	413	325
Exportaciones	220	187
Utilidad de operación	31	11
Margen de operación	8%	3%
EBITDA	52	32

KUO Automotriz

(Cifras en millones de dólares)

	2013
Ingresos	371
Exportaciones	188
Utilidad después de Gastos Generales	15
Margen de operación	4%
EBITDA	34
Margen EBITDA	9%

Anexo 3

Preguntas de investigación sobre encadenamientos productivos: Aeroclúster de Querétaro

Nombre de la persona entrevistada: _____

Puesto de la persona: _____

Antigüedad en la industria: _____

Empresa encuestada: _____

Localización de la empresa: _____

Página o redes sociales en internet: _____

Datos de la persona entrevistada (Tel / Mail) _____

Ubicación en la cadena:

- ¿Qué tipo de parte (s) de avión o servicio (s) es proveedor?

- ¿En qué nivel de proveeduría pertenece Tier 2 o Tier 3, y desde hace cuánto tiempo?

Experiencia en la cadena:

- ¿Qué motivo a su empresa a entrar en el negocio de proveeduría de partes de avión y que fue lo que lo acabó de convencer?

- ¿Tiene afiliación o contacto con federaciones o asociaciones en la industria aeronáutica y con cuál?

Ecosistema del negocio:

- ¿Existe mano de obra calificada para incorporarse a la industria aeronáutica y tiene acceso a ésta, las universidades o institutos la están proveyendo?

- ¿Qué tipo de mano de obra calificada en aeronáutica ha contratado (licenciatura o técnico) y que experiencia tiene con su contratación (cumplen con las expectativas de la empresa), es totalmente mexicana?

- ¿La inversión realizada fue de capital propio o requirió de fondos de la banca de fomento/apoyos gubernamentales?

- ¿Si tiene experiencia en acceso de fondos de fomento y desarrollo de parte de gobierno y/o de la banca, cuál ha sido su experiencia?

- ¿Si es posible conocer los rangos de inversión que llevó a cabo para elaborar partes de avión, aproximadamente en que rango fue?

- ¿En su experiencia que lo motivó hacer la inversión para la proveeduría de partes de avión sin haber sido antes proveedor de la industria aeronáutica?

- ¿En qué tiempo estima la tasa de retorno de su inversión en la proveeduría de aeropartes?

Manufactura y operación:

- ¿Cuáles fueron los mayores retos para alcanzar la adaptación de la operación y/o manufactura de la empresa en un modelo de proveedor de Industria Aeroespacial?

- ¿Qué tuvo que hacer su empresa para poder manufacturar aeropartes, compró o escaló su maquinaria y/o equipo?

- ¿Para proveer aeropartes su maquinaria y equipo cumplió con las tolerancias solicitadas y en que rango le fueron pedidas?

-
-
- ¿El valor del volumen de producción de aeropartes es significativo en relación al valor en la producción de autopartes y porque?
-
-

- ¿En cuanto al cumplimiento de normas y certificaciones, cuál fue su experiencia en su obtención, el grado de inversión en este rubro resulto ser el esperado y porque?
-
-

- ¿Qué dificultades encontró para lograr las normas y certificaciones de su producto o servicio, fue el costo, el tiempo de obtención, requerimientos excesivos, etc.?
-
-

- ¿La localización de su empresa con respecto a la localización de la industria aeronáutica influyó para la toma de decisión de producir aeropartes, tal como los bajos costos en mano de obra, suministro de materiales específicos, apoyos gubernamentales e infraestructura logística?
-
-

Conocimiento de replicado a otro lugar o país:

- ¿Tiene Usted conocimiento de replicado de proveeduría similar a la de su empresa en otro lugar o país?
-
-

Valores a considerar en la industria aeroespacial:

- ¿Contribuye la proveeduría de aeropartes de su empresa en la disminución del peso del avión?
-
-

- ¿El material que utiliza es importado o nacional, y cumple con las normas y certificaciones requeridas, que tipo de material utiliza, tiene problemas en su obtención, el costo de las mismas no afecta la compra por el Tier al que provee?
-
-

- ¿Si ha realizado creación de tecnología en su proveeduría de aeropartes, cuál ha sido?

Infraestructura de la nave industrial:

- ¿Qué adecuación (es) tuvo que hacer a su nave industrial para manufacturar las aeropartes, maquinaria libre de polvos, dimensión del equipo, recomendación de la empresa certificadora, tipo de material a manufacturar, u otro por favor menciónelo?

Anexo 4:

En este anexo se encuentran en forma resumida los comentarios de los entrevistados en los cuatro grupos de investigación, sobre la proveeduría de aeropartes en Querétaro.

En la tabla 1 se resumen los comentarios de los entrevistados con respecto a los recursos humano en el sector aeroespacial en México. En general los cuatro grupos coinciden con respecto a escasez de recursos humanos capacitados, sus deficiencias en habilidades de comunicación en otro idioma y en una cultura organizacional de calidad, especialmente la asimilación del concepto de cero defectos. En especial el grupo uno contrata a egresados de la UNAQ pero es necesaria la capacitación interna ya sea en México o en el extranjero y después las certificaciones. En el grupo dos sobresale el problema de servicios de mantenimiento a la maquinaria. En ocasiones se tenido que suspender a producción de ciertos productos y regresar al maquinaria a la casa matriz. En el grupo tres coinciden en que utilizaron sus capacidades para maquinado de precisión y el grupo cuatro es muy variado las trayectorias van desde la capacitación de obreros especializados hasta el doctorado en aeroespacial. Pasando por expertos en certificaciones y vinculación empresa industria para diseñar sistemas completos.

Tabla 1 ¿Existe mano de obra calificada para incorporarse a la industria aeronáutica y tiene acceso a ésta, las universidades o institutos la están proveyendo?

Grupo uno: “Servicios y Manufactura”

Empresa	Situación	Comentario
IIP Turborreactores	Falta de técnicos e Ingenieros aeroespaciales. La mano de obra no es suficiente. Sí contrato egresados de la UNAQ pero necesito capacitarlos en la empresa.	Hay escases de mano de obra porque los egresados no están certificados.
Safrán Messier-Bugatti-Dowty	No es suficiente. Se necesita mano de obra especializada: ingenieros industriales, ingenieros en aeronáutica y técnicos especializados en procesos de maquinado, químicos, pintado, supervisores de calidad. La empresa se encuentra impulsando la capacitación en áreas específicas de proceso. En el sector aeronáutico la capacitación se especializa por nivel de operación en manufactura, además al personal contratado no se le permite operar máquinas hasta que haya probado su capacidad	Existen certificaciones en operaciones menores que son otorgadas por la empresa fabricante de aviones y que no se otorgan por ninguna asociación o institución internacional.

Grupo dos: “Manufactura”

Empresa	Situación
AXON Interconex, S.A. de C.V.	Cuenta con personal capacitado en Querétaro y/o en la Unión Europea. La plantilla de personal pequeña. Cuentan con un ingeniero aeronáutico del Instituto Politécnico Nacional. Su mano de obra está capacitada para manejar alta tecnología en la industria automotriz, además de requerir mano de obra especializada debido a la actividad de intercambio de información con diferentes centros de producción, cuentan también con personal con maestría y doctorado en un 60% de 15 empleados.
ETU Turborreactores	La mano de obra no es fácil de conseguir. Es difícil entrenarla por la cultura que tiene el personal. La empresa capacita al 100% de operarios, la mayoría proviene de la empresa matriz Turborreactores, los trabajadores que se contrataron después de la primera etapa los trajeron de la Universidad Aeroespacial en Querétaro (UNAQ), y cuentan con especialidad en calidad y maquinados en materiales exóticos como el titanio y zinconeles.

Grupo tres: “Autopartes aeroespacial”

Empresa	Situación
TECNUM	Tiene mano de obra especializada proveniente de universidades locales pero necesita capacitarse en maquinados de precisión, usando máquinas CNC en la empresa. El grado de exigencia en la calidad de autopartes es muy alto y esto no se enseña en las universidades. Principalmente son técnicos mexicanos.
Industrial Tamto de Puebla, S.A. de C.V.	La empresa aprovecha la mano de obra especializada que tiene para producir troquelados y maquinados de precisión. Se ha especializado en la manufactura de piezas metálicas usando máquinas CNC. Cuenta con Ingenieros Industriales, Ingenieros

	Mecánicos, Ingenieros Químicos y Técnicos en maquinados, la mayor parte de su personal proviene de las instituciones de educación en Puebla.
Alaxia Aerosystems	Al inicio de operaciones enfrentó el problema de falta de mano de obra especializada. Se contrataron a tres grupos: Dos se capacitaron en la UNAQ y uno en la empresa. Las operaciones de manufactura aeroespacial son distintas a las operaciones que tiene la industria de autopartes. Desde el comienzo de operaciones de la empresa, previó capacitar personal antes de entrar en operación, además su personal venia de la manufactura de piezas de precisión para la industria automotriz.
RYMSA, S.A. de C.V.	Cuenta con mano de obra calificada, con nivel de licenciatura y maestría, con experiencia en maquinados de precisión.
Global Composites	Tiene capacidades en la utilización de fibra de vidrio, y en la fabricación de asientos para automóviles, por esto puede producir esqueletos de asiento de avión. Sin embargo, se necesita capacitación en procesos especiales de fibra de carbón. Cuenta con tres ingenieros industriales contando con el apoyo de un experto en fibra de carbón, quien ha trabajado en Bombardier y es técnico de la UNAQ.

Grupo cuatro: “Instituciones de Educación”

Empresa	Situación	Comentario
Laboratorio Nacional Espacial y Automotriz en Querétaro (UNAM)	No hay mano de obra especializada. En el sector aeronáutico es indispensable que las empresas cada dos años se revaliden, en cuanto a entrenamiento y mantenimiento, hacer revisiones y calibraciones, tomar en cuenta a la mano de obra especializada, la tendencia se dará en el diseño de partes y en el manejo de máquinas especializadas (CNC).	Busca diseñar sistemas de avión completos. El laboratorio prepara personal que sea capaz de verificar que se cumpla con los requerimientos estrictos que se tienen en la industria aeroespacial
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)	La industria aeroespacial está muy controlada y normada por los grandes fabricantes (OEM) y las autoridades aeronáuticas. Esto incide en la capacitación de la mano de obra.	Pruebas de laboratorio y apoyo en certificaciones
Universidad Aeroespacial en Querétaro	La mano de obra no necesita la misma especialización en todos los niveles de operación de la planta productiva. La UNAQ es una universidad que prepara a personal en el área de procesos aeronáuticos, cuenta con docentes especializados y aulas teórico – prácticas, que proporcional una homogeneidad de conocimiento de operación.	Sí surten a la industria de personal. Docentes especializados en aeronáutica, en el nivel de posgrado se cuenta con docentes que trabajan en empresas del sector, la UNAQ incuba proyectos de empresas relacionadas con el sector.

En la tabla 2 los entrevistados comentan su experiencia de cómo llevaron a cabo la inversión o adecuación de sus plantas industriales. Las empresas multinacionales Safrán e ITP Turborreactores al establecerse en México realizaron la inversión con las instalaciones ex profesas para sus operaciones de servicio, a través del tiempo llevan a cabo inversión en máquinas herramientas para elaborar partes para su propia operación de servicio y proveeduría a otras empresas de su grupo. Las empresas del grupo ETU Turborreactor y AXON Interconex, S.A. de C.V. invirtieron en instalaciones para proveer aero productos. El grupo tres formado por las empresas TECNUM, Industrial Tamto de Puebla, S.A. de C.V., Alaxia Aerosystems, Ryma, S.A. de C.V. y Global Composites para cumplir con la norma que establecen las empresas ensambladoras de avión, requieren invertir en áreas independientes de sus plantas de producción de autopartes, la mayoría invirtió con sus propios recursos. En el grupo cuatro se encuentran las instituciones de educación y servicio, CIDESI institución que forma parte de los centros de investigación Conacyt y que utiliza en forma recurrente fondos del Programa Educativo Institucional (PEI), el Laboratorio

Nacional Espacial y Automotriz en Querétaro pertenece a la UNAM (Facultad de Ingeniería) creado con fondos de la propia universidad, y la Universidad Nacional Aeronáutica en Querétaro fue creada en 2007 con fondos del Gobierno Federal y Estatal de Querétaro, éstos centros educativos y de servicio tienen como objetivo el elaborar proyectos, capacitar y hacer investigación en el sector aeroespacial. Esto es descriptivo. Necesitas ser analítico

Los expertos del sector de autopartes manifestaron sobre la problemática de inversión, que fue con capital propio por la decisión de su directivos de la empresa, las empresas a integrarse a la proveeduría lo invierten por los montos que requiere el adecuar las instalaciones en forma independiente a la nave dedicada a la elaboración de autopartes, en la compra de equipo, a la obtención de certificaciones internacionales, en el escalamiento tecnológico, y en la capacitación de personal para operar equipo de tecnología de punta, y de personal de apoyo administrativo.

Las instituciones como CIDESI en forma recurrente utilizan fondos del Programa de Educación Institucional (PEI). El Laboratorio Nacional Espacial y Automotriz que pertenece a la UNAM (Facultad de Ingeniería) fue creado con fondos de la propia UNAM. La Universidad Aeronáutica en Querétaro (UNAQ) fue creada con fondos del gobierno federal y estatal.

Tabla 2: ¿La inversión realizada fue de capital propio o requirió de fondos de la banca de fomento/apoyos gubernamentales, y que adecuación (es) tuvo que hacer a sus instalaciones en la manufactura de aeropartes?

Grupo uno: “Inversión Servicios y Manufactura”

Empresa	Situación	Comentario
Safrán Messier-Bugatti-Dowty	La empresa francesa invirtió en instalaciones y procesos al establecerse en México.	Realizó la inversión a solicitud del cliente, con objeto de dar una imagen con cultura de operación.
IIP Turboreactores	Invirtió capital propio desde el inicio de operaciones en instalaciones y maquinaria, para actividades de mantenimiento, reparación y operación.	Empresa con instalaciones adecuadas para realizar las operaciones de servicio.

Grupo dos: “Inversión manufactura”

Empresa	Inversión/adecuación de instalaciones	Comentario
ETU Turborreactores	Empresa mexicana que invirtió en nuevas instalaciones para la producción de bujes para trenes de aterrizaje.	La TIR la esperan alcanzar en 5 u ocho años. Hicieron nuevas instalaciones por recomendación de la empresa ensambladora. Se localiza a un lado de la empresa líder del grupo (Turborreactores).
AXON Interconex, S.A. de C.V.	La inversión es capital del Grupo para adecuación de producción, han recibido apoyo de Prodiat para certificación.	Se dedica a ensamblar partes y componentes provenientes de su oficina matriz en Francia, de donde les envían nuevos proyectos.

Grupo tres: “Inversión/adecuación manufactura en automotriz y aeroespacial”

Empresa	Situación
TECNUM	Tiene mano de obra especializada proveniente de universidades locales pero necesita capacitarse en maquinados de precisión, usando máquinas CNC en la empresa. El grado de exigencia en la calidad de aeropartes es muy alto y esto no se enseña en las universidades. Principalmente son técnicos mexicanos.
Industrial Tamto de Puebla, S.A. de C.V.	La empresa aprovecha la mano de obra especializada que tiene para producir troquelados y maquinados de precisión. Se ha especializado en la manufactura de piezas metálicas usando máquinas CNC. Cuenta con Ingenieros Industriales, Ingenieros Mecánicos, Ingenieros Químicos y Técnicos en maquinados, la mayor parte de su personal proviene de las instituciones de educación en Puebla.
Alaxia Aerosystems	Al inicio de operaciones enfrentó el problema de falta de mano de obra especializada. Se contrataron a tres grupos: Dos se capacitaron en la UNAQ y uno en la empresa. Las operaciones de manufactura aeroespacial son distintas a las operaciones que tiene la industria de autopartes. Desde el comienzo de operaciones de la empresa, previó capacitar personal antes de entrar en operación, además su personal venía de la manufactura de piezas de precisión por la industria automotriz.
RYMSA, S.A. de C.V.	Cuenta con mano de obra calificada, con nivel de licenciatura y maestría, con experiencia en maquinados de precisión.
Global Composites	Tiene capacidades en la utilización de fibra de vidrio, y en la fabricación de asientos para automóviles, por esto puede producir esqueletos de asiento de avión. Sin embargo, se necesita capacitación en procesos especiales de fibra de carbón. Cuenta con tres ingenieros industriales contando con el apoyo de un experto en fibra de carbón, quien ha trabajado en Bombardier y es técnico de la UNAQ.

Grupo cuatro: “Inversión en instituciones de educación y servicio”

Organizaciones de educación y servicio	Inversión	Comentario
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI) Centro público de Investigación Conacyt	Utiliza fondos del PEI de Conacyt en forma recurrente.	Es autosustentable en sus proyectos, dentro del cual está la industria aeroespacial. Institución que presta servicios de desarrollo tecnológico (electrónica, sistemas mecánicos, manufactura y tecnología para la industria petrolera) e investigación aplicada y educación.
Laboratorio Nacional Espacial y Automotriz en Querétaro (UNAM)	Inversión de la UNAM con objeto de impulsar la investigación espacial y tecnológica	Institución tecnológica para llevar a cabo proyectos completos, como lo sería el diseño y elaboración de una caja de transmisión de automóviles.
Universidad Nacional Aeronáutica en Querétaro	Creada en 2007 con inversión conjunta del Gobierno Federal y Estatal en Querétaro.	Apoyo en capacitación de mano de obra especializada en los niveles básico (m. de o. capacitada en tres meses), medio avanzado (dos años) y avanzado (licenciatura en aeronáutica).