INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA

"DIAGNÓSTICO DE LOS CRITERIOS TECNOLÓGICOS DE LAS PYMES PARA SU DESARROLLO E INTEGRACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTROS DE LA INDUSTRIA AEROESPACIAL EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN."

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

ING. MAYRA GUADALUPE PUENTES HERNÁNDEZ

MONTERREY, NL **DICIEMBRE 2008**

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY

DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la presente tesis presentada por la Ing. Mayra Guadalupe Puentes Hernández sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

Comité de Tesis

Dr. José Manuel Sánchez
Co-Asesor

M.C. Luis V. Cabeza Aspiazu
Co-Asesor

Dr. Ricardo A. Ramírez Mendoza
Sinodal

APROBADO

Dr. Joaquín Acevedo Mascarúa
Director del Programa de Graduados en Ingeniería y Arquitectura
Diciembre 2008

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Manuel Sánchez por aceptar asesorar el presente proyecto de Tesis y por instarme a entregar un proyecto que cumpliera tanto sus expectativas como las mías propias.

Al M.C. Luis Vicente Cabeza Aspiazu, por todo su apoyo y su confianza y por apoyarme desde mis inicios en los estudios de maestría, su carácter lleno de iniciativa y la visión emprendedora que lo caracteriza siempre fueron para mí un ejemplo y una gran motivación.

Al Dr. Ricardo Ramírez, director del Centro de Innovación en Diseño y Tecnología (CIDyT) y sinodal de esta Tesis, por apoyarme en mi participación en el proyecto CEDIA NL, decisión que marcó la línea de investigación de este proyecto de investigación y la afortunada terminación de mis estudios de maestría.

DEDICATORIA

A Dios:

Mi Padre, Mi Guía, Mi Refugio y Mi Amigo,
que en todo momento ha dirigido mi camino según su voluntad,
me ha permitido conocer su amor en los momentos de alegría
y su protección en los momentos menos afortunados.

Ha sido él quien me ha puesto cada triunfo en el camino
para mostrarme la importancia del esfuerzo,
y ha puesto suficientes obstáculos
para enseñarme el valor de la humildad.

A Mis Padres:

Por su amor y apoyo incondicional,
porque han sido mis maestros de vida y mi mejores amigos;
porque han compartido conmigo cada tristeza y cada alegría,
haciendo suyas mis lágrimas y mis risas.
Le dedico este y todos mis mayores esfuerzos en la vida.

A Mis Hermanos, Daniela y Edgar:

Por confiar en mí y ser mí mayor motivo para salir adelante,
por llenar mis días de risas, por enseñarme a compartir
y por asombrarme siempre con su capacidad de amar y su alegría por vivir.

A Mi Familia y Amigos:

Por estar siempre cerca, sin importar tiempos ni distancias,
apoyándome e inspirándome para alcanzar mis metas.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 8

1.1. ALCANCES 9
1.2. METODOLOGÍA Y CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN 11
1.3. RESULTADOS ESPERADOS 11

2. ANTECEDENTES 12

2.1. CONCEPTOS DE COMPETITIVIDAD 12
2.2. COMPETITIVIDAD Y AHORRO EN LA CADENA DE SUMINISTROS 21
2.3. TECNOLOGÍA Y COMPETITIVIDAD 23
2.3.1. Tecnología y ventaja competitiva 24
2.3.2. Tecnología y cadena de valor 25
2.4. CRITERIOS PARA INTEGRAR LA CADENA DE SUMINISTROS DE LA INDUSTRIA AEROESPACIAL 27
2.5. PARTICULARIDADES DE LA CADENA DE SUMINISTROS DE LA INDUSTRIA AEROESPACIAL 30
2.5.1. Modelos para el desarrollo de proveedores de la Industria Aeroespacial 33
2.5.2. Requisitos de calidad y normatividad específicos para las industrias del sector 38
2.6. CLÚSTERS AEROESPACIALES 41
2.6.1. Clústers Aeroespaciales dinámicos en el mundo 42
2.6.2. Industria Aeroespacial en México 44
2.6.3. Primeros clústers aeroespaciales nacionales 49

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 52

3.1. JUSTIFICACIÓN 52
3.2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN COMPETITIVA DE LAS PYMES EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN. 55
3.2.1. Necesidades tecnológicas de las pymes en México 55
3.2.2. Oportunidades de proveeduría para fortalecer la cadena productiva 58
3.3. SITUACIÓN COMPETITIVA DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN 59

4. DESARROLLO DEL MODELO PROPUESTO 65

4.1. PERSPECTIVA TECNOLÓGICA DEL MODELO 65
4.2. INDICADORES DE DESEMPEÑO 66
4.2.1. Indicadores de Avance Tecnológico 66
4.2.2. Factores de Avance Tecnológico 72
4.3. IMPACTO DEL ASPECTO TECNOLÓGICO EN LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS 77
4.4. MODELO DE DIAGNÓSTICO DE LOS CRITERIOS TECNOLÓGICOS DE LAS PYMES PARA SU INTEGRACIÓN Y DESARROLLO EN LA CADENA DE SUMINISTROS DE LA INDUSTRIA AEROESPACIAL EN EL ESTADO DE NUEVO LEÓN. 79
4.4.1. Análisis de la cadena de valor 82
4.4.2. Diagnóstico de los criterios de carácter tecnológico 83

5. CASOS DE ESTUDIO 93

5.1. MEMORIAS DEL CASO DE ESTUDIO. EMPRESA "A" 93
5.2. MEMORIAS DEL CASO DE ESTUDIO. EMPRESA "B" 95
5.3. MEMORIAS DEL CASO DE ESTUDIO. EMPRESA "C" 97
5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 98

6. CONCLUSIONES 102

7. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN 104

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y BIBLIOGRAFÍA 105

8.1. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 105
8.2. BIBLIOGRAFÍA 107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diamante de la Competitividad. *13*
Figura 2. Factores de Competitividad. *17*
Figura 3. Diagrama de las 5 fuerzas competitivas de Michael Porter *18*
Figura 4. Diagrama de Cadena de Valor *20*
Figura 5. Fases para la Administración de la Cadena de Suministros. *22*
Figura 6. Tecnología dentro de los Factores de Competitividad. *23*
Figura 7. Tecnologías en la Cadena de Valor *26*
Figura 8. División de actividades en la Cadena de Valor *27*
Figura 9. Organización jerárquica de la industria aeroespacial mundial. *29*
Figura 10. Competidores por regiones y empresa *31*
Figura 11. Fases de desarrollo de la industria aeroespacial *32*
Figura 12. Correspondencia de la Perspectiva Tecnológica en el modelo sociotécnico *35*
Figura 13. Ámbitos contemplados dentro del modelo SCOR *36*
Figura 14. Mapa conceptual del proceso de desarrollo de una cadena de suministros de componentes aeroespaciales en Regiones de Bajo Costo. *37*
Figura 15. World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development *45*
Figura 16. Crecimiento de la industria aeroespacial en México *46*
Figura 17. Mapa de ubicación geográfico-operativa de las empresas mexicanas en el giro aeroespacia.l CEDIA NL, 2008 ..... *47*
Figura 18. Información de las clases productos específicos con código NAICS (SCIAN). *48*
Figura 19. Personal ocupado en las industrias manufactureras, de comercio y de servicios. *53*
Figura 20. Importancia de las industrias manufactureras en la economía. Censo 2003 ..... *54*
Figura 21. Gráficas de las Necesidades Tecnológicas de las PyMEs *57*
Figura 22. Gráfica de Necesidades de Proveeduría de las PyMEs *59*
Figura 23. Integración a la cadena de suministros aeroespacial desde la perspectiva tecnológica. *66*
Figura 24. Técnologías de Manufactura de Clase Mundial *69*
Figura 25. Introducción de materiales compuestos en sus componentes de aviones *71*
Figura 26. Factores de Competitividad *73*
Figura 27. Indicadores de Desempeño Tecnológico *78*
Figura 28. Indicadores específicos de desempeño tecnológico de la industria aeroespacial *79*
Figura 29. Modelo de diagnóstico de los criterios de carácter tecnológico de las PYMES para su integración y desarrollo en la cadena de suministros de la industria aeroespacial *81*
Figura 30. Modelo LEM-MIT de Lean Aerospace Initiative (LAI) *86*

Figura 31. Modelo de prácticas de manufactura esbelta LEM-MIT desde la perspectiva tecnológica. *87*
Figura 32. Diagrama de Flujo para la selección de las prácticas de manufactura esbelta de la Matriz de Madurez *88*
Figura 33. Matriz de Madurez LESAT *90*
Figura 34. Formato de Resultados para la evaluación de prácticas de manufactura esbelta ... *92*
Figura 35. Gráfica de Tecnologías de Manufactura (1a) *99*
Figura 36. Gráfica de Tecnologías de Manufactura (1b) *100*
Figura 37. Gráfica de Técnicas de Manufactura (2a) *101*
Figura 38. Gráfica de Técnicas de Manufactura (2b) *101*

LISTAS DE TABLAS

Tabla 1. Factores de Competitividad *15*
Tabla 2. Servicios tecnológicos más requeridos por las empresas nacionales. *56*
Tabla 3. Indicadores de capacitación de recursos humanos *56*
Tabla 4. Oportunidades de Proveeduría *58*
Tabla 5. Posiciones del estado de Nuevo León por subíndice, ocupadas en el Índice de Competitividad Estatal 2008 ..... *61*
Tabla 6. Clasificación de las TMA *68*
Tabla 7. Carreras profesionales y técnicas en sector aeroespacial *76*
Tabla 8. Necesidades de las PyMEs en Capacitación Académica y Técnica *76*
Tabla 9. Servicios Tecnológicos Requeridos por las PyMEs nacionales *77*
Tabla 10. Preguntas para el análisis tecnológico de la cadena de valor de la empresa *83*
Tabla 11. Preguntas agrupadas por indicadores tecnológicos. *85*
Tabla 12. Prácticas de Manufactura Esbelta integradas a la Matriz de Madurez *89*
Tabla 13. Evaluación de los niveles de capacidad en las prácticas de manufactura esbelta. *90*
Tabla 14. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 1, Empresa "A" *94*
Tabla 15. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 2, Empresa "A" *94*
Tabla 16. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 1, Empresa "B" *96*
Tabla 17. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 2, Empresa "B" *96*
Tabla 18. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 1, Empresa "C" *97*
Tabla 19. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 2, Empresa "C" *98*

1. Introducción

En materia de desarrollo industrial, las pequeñas y medianas empresas tienen una participación elemental en la economía regional. Sin embargo, la estabilidad de sus actividades de negocios es incierta la mayor parte del tiempo, en tanto no cuentan con la ventaja competitiva frente a grandes empresas del mismo sector. Por esta razón, los estudios acerca de cómo incrementar la competitividad de las pymes son preponderantes para mejorar la situación económica de la industria regional.

Las diferentes perspectivas del ambiente empresarial ofrecen áreas de oportunidad para las empresas, y ya sean organizacionales, tecnológicos o financieros, la capacidad de la empresa de ir resolviendo sus limitantes definirá su mayor o menor participación en el mercado, así como su estabilidad en el mismo.

En carácter tecnológico se observa a nivel nacional, y en igual medida a nivel estatal, que las PyMEs mexicanas muestran una desventaja competitiva frente a otras empresas del mismo giro a nivel internacional. Las causas de esta desventaja son algunas conocidas, pero subestimadas, y otra no se han definido siquiera, por tanto, no se tiene la capacidad ni de controlar los factores de desventaja, ni de mejorar las áreas de oportunidad. Los estudios en este tema no son pocos, pero aún falta cubrir esta necesidad de las empresas, de contar con una metodología que les ayude a observar sus limitantes en carácter tecnológico, la influencia de éstas en su desempeño productivo y las posibles líneas de acción para mejorarlas.

La presente Tesis se enfoca en analizar los factores de carácter tecnológico que influyen directamente en la competitividad de las pymes del estado de Nuevo León para ocupar un lugar en la cadena de suministros de la industria aeroespacial. Luego de definir las fronteras del componente tecnológico en el ambiente empresarial, se establece un conjunto de factores e indicadores del avance tecnológico de las empresas, con la intención final de realizar un diagnóstico que determine la posición y el potencial competitivo de las mismas.

En el capítulo 1 se desarrolla la Introducción del trabajo de Tesis, donde se presenta de manera resumida el contenido de los capítulos que la conforman, así como los alcances, la metodología y los resultados esperados del trabajo.

El capítulo 2 presenta los Antecedentes, donde se definen los conceptos que para efecto de la Tesis fundamentan los estudios de Competitividad y Administración de la Cadena de Suministros, al igual que una visión general de la situación de la industria aeroespacial en el contexto mundial y nacional.

El contenido del capítulo 3 se enfoca en la definición del problema de estudio, presentando la justificación del trabajo de Tesis mediante un análisis a la situación competitiva de las pequeñas y medianas empresas en el estado de Nuevo León. En el mismo capítulo se plantea el modelo de diagnóstico mediante el cual se pretende identificar y evaluar los criterios de carácter tecnológico que influyen en la integración de las PyMEs del estado, a la cadena de suministros de la industria aeroespacial.

En el capítulo 4 se desarrolla el modelo propuesto para el diagnóstico de los criterios de carácter tecnológico, a partir de la definición de los indicadores de desempeño de la empresa desde la perspectiva tecnológica., que influyen en el desarrollo e integración de una empresa a la cadena de suministros de la industria aeroespacial.

Los casos de estudio que fundamentan la hipótesis del modelo propuesto son presentados en el capítulo 6.

Finalmente, se despliegan las conclusiones y las aportaciones del trabajo de Tesis, así como las futuras líneas de investigación que de él pueden surgir.

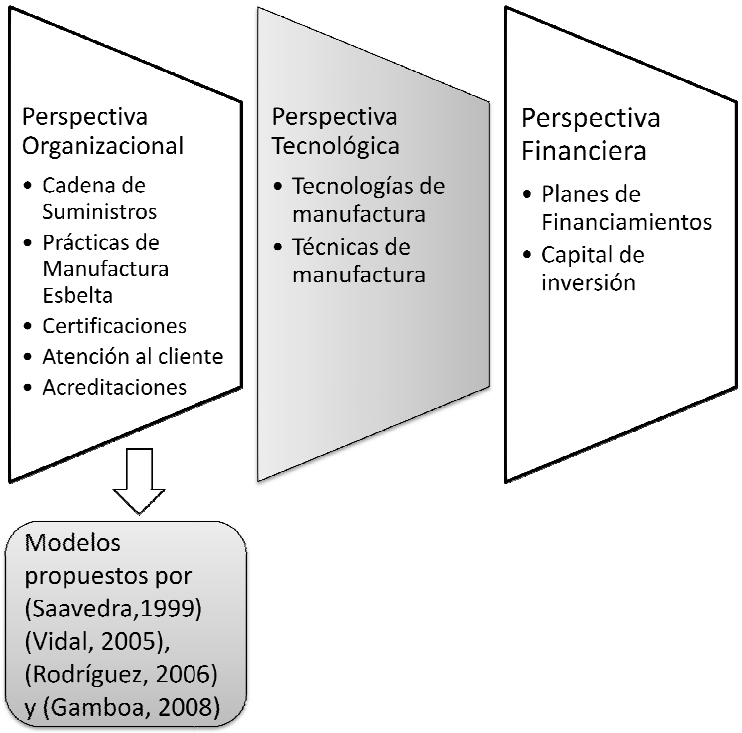
1.1. Alcances

El objeto de estudio de esta Tesis es el subconjunto de empresas pequeñas y medianas del sector manufacturero metalmecánico del estado de Nuevo León, México que pretendan incursionar al sector aeroespacial al proveer partes o componentes de esta

industria, para obtener la información pertinente se realiza una serie de encuestas sobre las principales áreas de actividad dentro de las empresas.

El objetivo limitante del presente trabajo es encontrar y definir los criterios tecnológicos que tienen mayor influencia en cuanto a la integración de una empresa a la cadena de suministros de la industria aeroespacial. Para esto se realiza un análisis y diagnóstico de tres empresas de la región, a partir de los cuales se concluye la participación de los factores y criterios principales. La limitante de tiempo ubica el presente estudio y su correspondiente documentación dentro del período de años de 2003 a 2008, incluyendo censos de población, estudio de competitividad nacional y estudios de comportamiento industrial.

Finalmente, se pretende continuar la línea de investigación de tesis anteriores dentro del marco de estudios del sector aeroespacial del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Monterrey que se han desarrollado alrededor de la perspectiva organizacional de la empresa, como los son los trabajos de (Saavedra R., 1999), (Vidal, 2005), (Rodríguez, 2006) y (Gamboa, 2008) enfocados a la perspectiva organizacional de la empresa.



1.2. Metodología y contexto de la investigación

Se utiliza el método deductivo para la obtención de resultados y conclusiones, basados en observación, deducción y evaluación de los parámetros de desempeño industrial. El proceso de investigación se ha basado en análisis de material bibliográfico, datos estadísticos e informes y conferencias.

La investigación y análisis del diagnóstico de las empresas se lleva a cabo dentro del contexto de las actividades de CEDIA NL, enfocadas a generar proyectos que beneficien al sector industrial en materia de desarrollo tecnológico y competitividad global. El diseño del modelo y las propuestas del presente proyecto de Tesis están adecuados al modelo de trabajo de CEDIA NL con la intención de que sea utilizado posteriormente.

1.3. Resultados esperados

- Encontrar y definir los factores que influyen en el avance tecnológico de las empresas pequeñas y medianas del sector manufacturero en Nuevo León, para evaluar su nivel de desempeño en la cadena de suministros aeroespacial.

- Diseñar y documentar un modelo de diagnóstico de los criterios tecnológicos que influyen en la integración de las PyMEs a la cadena de suministros de la industria aeroespacial del estado de Nuevo León.

- En el contexto de CEDIA NL, diseñar una metodología para la propuesta de prácticas de Manufactura Esbelta desde la perspectiva tecnológica.

- Ampliar la visión general de la situación de competitividad tanto de las empresas mexicanas como en el país, al analizar diferentes estudios estadísticos al respecto.

2. Antecedentes

2.1. Conceptos de Competitividad

Los estudios acerca de la competitividad buscan definir la manera de controlar los factores que la influyen para aumentar así el poder de la empresa en el mercado. Una de las definiciones más difundidas es la del Dr. Michael Porter, director del Instituto de Estrategia y Competitividad en EUA, quien dice que la competitividad es el conjunto de capacidades que tiene una empresa para obtener ventajas significativas sobre la competencia, sosteniéndose y mejorando siempre su posición dentro de un marco dado de condiciones sociopolíticas (Porter M. , 1985).

Entre las condiciones que guían una competitividad sostenible en el largo plazo se encuentran la capacidad de innovación de productos y estrategias de mercado, la rentabilidad de los proyectos y los incrementos en la capacidad productiva; en el caso contrario, intentar ahorros en los costos de producción mediante sacrificar los salarios justos, la calidad del producto y la sustentabilidad de los recursos naturales resulta en un falso concepto de competitividad, que dura solo en el corto plazo (Lall, 1998; Warner, 2005; McFetridge, 1995; Spencer & Hazard, 1988).

Otra definición importante del concepto de competitividad, es la acuñada por el Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (IMCO), donde se le identifica como la capacidad de atraer y retener inversiones, lo que implica para la empresa un apoyo por parte de los gobiernos para maximizar su potencial socioeconómico.

De acuerdo con estas definiciones se encuentra que la competitividad de la empresa se ve afectada por diversos factores organizacionales y un ambiente social y económico que la rodea.

Para complementar la definición del concepto de competitividad, es obligado incluir una descripción del denominado Diamante de la Competitividad. En este, se hace referencia a un conjunto de factores externos a la empresa, que determinarán la ventaja competitiva de la misma a través de la competitividad del país donde se desenvuelve; estos factores determinantes son (Porter M. , 1990):

1. La dotación del país
2. La naturaleza de la demanda interna en relación con la oferta del aparato productivo nacional
3. La existencia de una estructura productiva conformada por empresas de distintos tamaños
4. Las condiciones prevalecientes en el país en materia de creación, organización y manejo de las empresas.

Se agrega además, la intervención de las variables Azar y Gobierno, que pueden influir de manera positiva o negativa en cada uno de los cuatro factores del diamante, provocando a la empresa a tomar acciones correctivas a situaciones no previstas, como se muestra en la Figura 1:

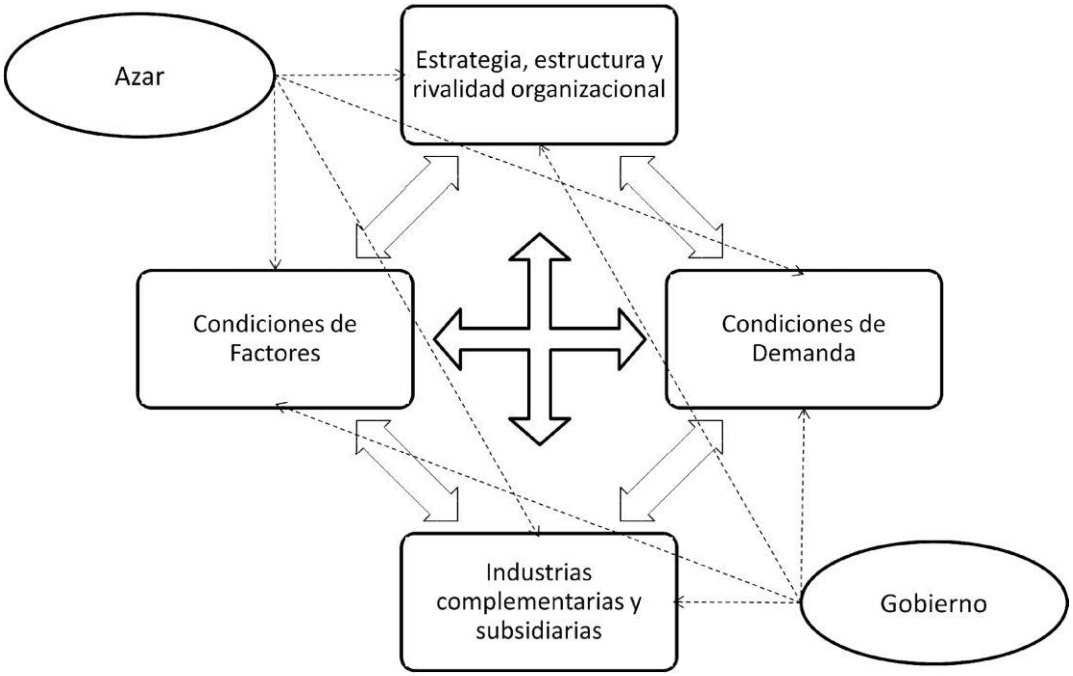


Figura 1. Diamante de la Competitividad. Adaptado de Porter (1985)

Existe una teoría distinta y contraria a la de Porter, donde se define el concepto de Competitividad Sistémica a partir de cuatro niveles analíticos: macro, micro, meso y meta, que afectan cuatro diferentes planos de la empresa: local, regional, nacional y supranacional. De modo que la competitividad de la empresa es producto de múltiples acciones recíprocas entre el estado, las empresas, las instituciones intermediarias y la

capacidad organizativa de una sociedad (Esser, Hillebrand, Messner, & Meyer-Stamer, 1994).

En ambas teorías, se destaca la influencia del ambiente donde la empresa se desenvuelve, y se incluye tanto el entorno geográfico y social, como político y económico. A nivel macroeconómico la empresa debe encontrar un ambiente estable capaz de atraer capitales y tecnología cuya reproducción y transformación sean factibles. Incluso se involucra la capacidad de integración de la sociedad y su habilidad para generar estrategias que contribuyan a un exitoso desarrollo industrial.

De los párrafos anteriores se deriva el concepto de Competitividad Global, que se refiere a la capacidad de un país y sus empresas para generar riqueza para su gente. Para identificar los niveles en que cada país se encuentra respecto a los demás, el Foro Económico Mundial, en Davos, Suiza, (WEF por sus siglas en inglés) realiza el Informe de Competitividad Global (GCR, siglas en inglés). Éste emplea dos enfoques distintos para el análisis de la competitividad:

- Índice de Competitividad para el Crecimiento (Growth Competitiviness Index o GCI) para medir las aptitudes de un país para lograr un desarrollo económico sustentable.
- Índice de competitividad para los Negocios (Business Competitiveness Index o BCI) para evaluar la manera en que una economía utiliza sus recursos.

La importancia del último índice, viene dada al encontrarse dividido en dos categorías que a su vez contienen los indicadores más reconocidos para medir el nivel de competitividad de una empresa en el entorno mundial, y que se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Factores de Competitividad. Adaptado de Porter (2003)

Informe de Competitividad Global

Índice de Competitividad para el Crecimiento

Índice de Competitividad para los Negocios

Condiciones de Factores		Condiciones de la demanda	Industrias Conexas y de Apoyo	Contexto para la Estrategia y Competencia empresarial	
1) Infraestructura física	•Infraestructura de transporte y telecomunicaciones •Calidad del suministro eléctrico	•Distinción de los compradores •Estándares regulatorios de demanda •Regulaciones ambientales	•Calidad y cantidad de proveedores locales •Desarrollo de clusters de empresas •Disponibilidad local de maquinaria y de servicios •Disponibilidad local de componentes y partes	1) Incentivos	2) Competencia
2) Infraestructura Administrativa	•Seguridad •Independencia judicial •Recursos legales y administrativos			•Subsidios de gobierno •Relación entre trabajadores y empleadores •Autoridades corporativas eficientes	•Liberalización de barreras comerciales •Intensidad de la competencia local •Política antimonopólica •Liberalización arancelaria.
3) Recursos humanos	•Calidad de las escuelas de negocios y escuelas públicas •Educación en matemáticas y ciencias				
4) Infraestructura tecnológica	•Patentes per cápita •Disponibilidad de científicos e ingenieros •Centros de invest. científica •Relación universidad /industria				
5) Mercados de capital	•Sofisticación del mercado financiero •Disponibilidad de capital de riesgo •Acceso a préstamos yal mercado local de valores				

Cada una de las condiciones mencionadas en este índice influye directamente en la competitividad de la empresa, de modo que la importancia de identificarlas es su correspondiente control y mejora continua.

Para lograr una posición ventajosa en el mercado se ha de generar un valor añadido en el producto, y la importancia de cada uno de los factores que afecten la competitividad de la empresa habrán de ser medidos en base a esto. Uno de los conceptos más importantes al respecto, es el de productividad, que se define como el valor del producto generado por una unidad de trabajo o de capital (Saari, 2006; Davis, 1955; Jorgenson & Griliches, 1967).

Entre los elementos de mayor mención en la bibliografía concerniente al concepto de productividad, se encuentran: la rentabilidad, costos, valor agregado, participación de mercado, exportaciones, innovación tecnológica, calidad de los productos, entre otros. La mejora continua de estos también provoca un aumento en la eficiencia general del sistema (León, 2004; Quintero, 2004).

Junto con el aumento en los niveles de productividad de la empresa, el desarrollo de estrategias competitivas fundamenta la capacidad de la empresa de obtener ventajas en el mercado. La Figura 2 sugiere una interrelación de los factores que influyen en la competitividad de una organización:

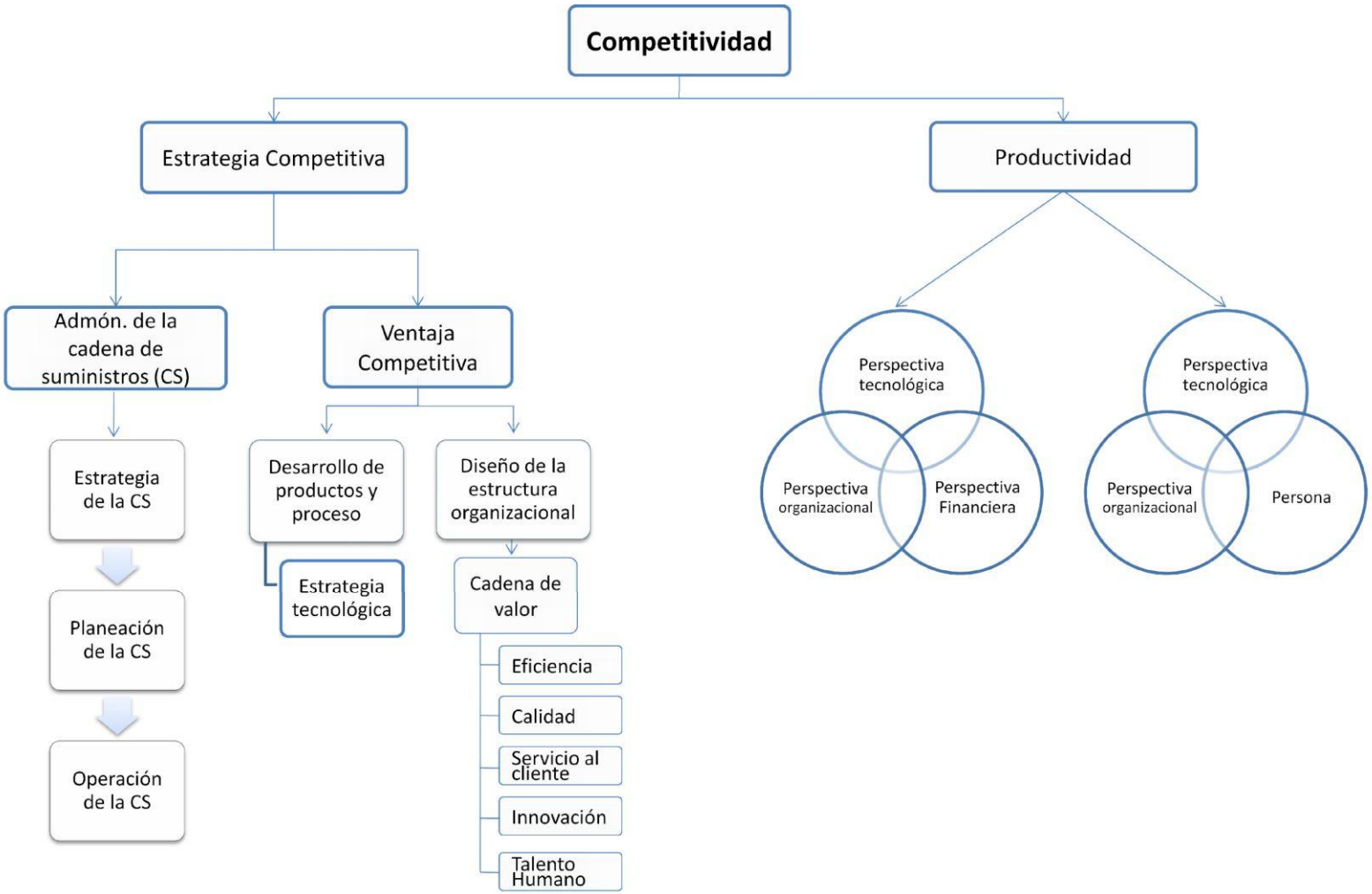


Figura 2. Factores de Competitividad. Adaptado de Porter (1985); Quintero (2004) y Cabeza (2004)

Las estrategias competitivas, en este contexto, se entienden como aquellas que buscan crear una relación ventajosa de la empresa con su medio ambiente, abarcando tanto fuerzas económicas como sociales, con el objetivo de alcanzar mejores resultados en los negocios que le competen a la empresa (Porter M., 1985). Son consideradas como una reacción defensiva a las 5 fuerzas competitivas que rodean a la empresa, que definen la situación de la competencia y determinan la rentabilidad potencial en un sector industrial. Las cinco fuerzas competitivas serán entonces:

Nuevos ingresos
Amenaza de sustitución
Poder negociador de los compradores
Poder negociador de los proveedores
Rivalidad entre los actuales competidores

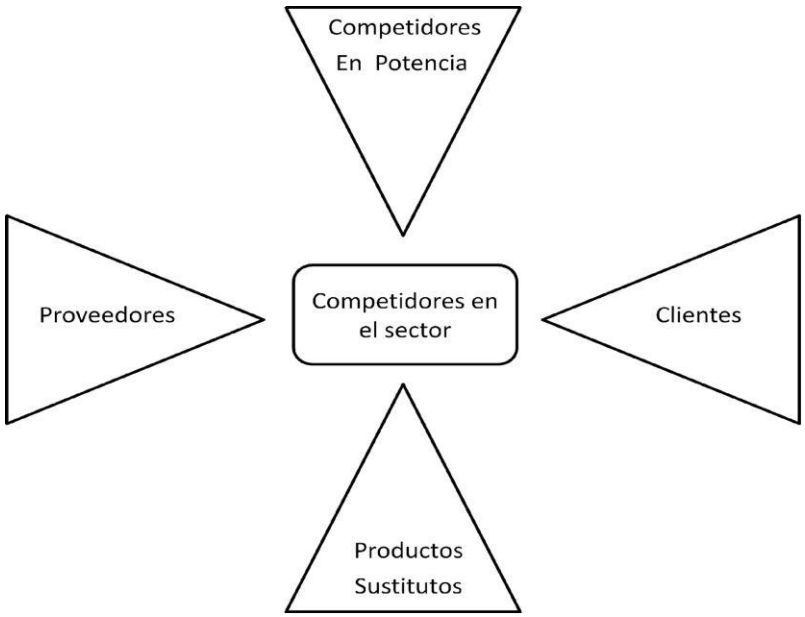


Figura 3. Diagrama de las 5 fuerzas competitivas de Michael Porter (1985)

Las 5 fuerzas mostradas en la Figura 3 muestran que todos los participantes de una cadena de valor representan la competencia en un sector industrial, ya sean clientes, proveedores, sustitutos o competidores potenciales. De aquí que, al igual que el concepto de Empresa Extendida (cuya definición se amplía más adelante), puede acuñarse el concepto de "Rivalidad Amplificada" (Porter M., 1980). El primero refiriéndose a que la empresa no se limita a administrar solo su propia cadena de valor, sino que toma en cuenta todos los eslabones que configuran su sector industrial, desde los primeros proveedores de la cadena hasta los clientes finales que utilizan el producto, formando así un ambiente de redes dinámicas colaborativo. El segundo entonces, considera que son las 5 fuerzas mencionadas las que definen los obstáculos de competencia que enfrentan todas las empresas, y no solo los competidores directos. (Porter M., 1980; Carrie, Bititci, Reid, Trienekens, Hovlby, & Coll, 1998; Hayfron, Carrie, Bititci, & Pandya, 1998).

Junto con el desarrollo de una estrategia, la empresa debe considerar las características del producto que los clientes encuentren particularmente valiosas, de modo que sean capaces de ofrecer este valor en toda su producción o servicio. Estas características que logran hacer destacar al producto en el mercado es lo que Porter denomina "ventaja competitiva" (Porter M. , 1985).

Un aspecto importante a destacar de esta teoría es que considera a la ventaja competitiva como la suma de muchas actividades ejecutadas a lo largo de todo el ciclo de vida del producto: diseño, fabricación, venta, entrega y mantenimiento, puesto que cada una de ellas contribuye al costo final y ubica el producto en una posición relativa respecto de los competidores, sentando así las bases de la diferenciación. Así, surge la importancia del concepto de Cadena de Valor, de modo que se facilite la división de actividades en la empresa. Para efecto del desarrollo de la presente tesis, su usará en adelante el diagrama de la Cadena Genérica de Valor de Porter de la Figura 4, como base para ubicar las actividades de valor que competen:

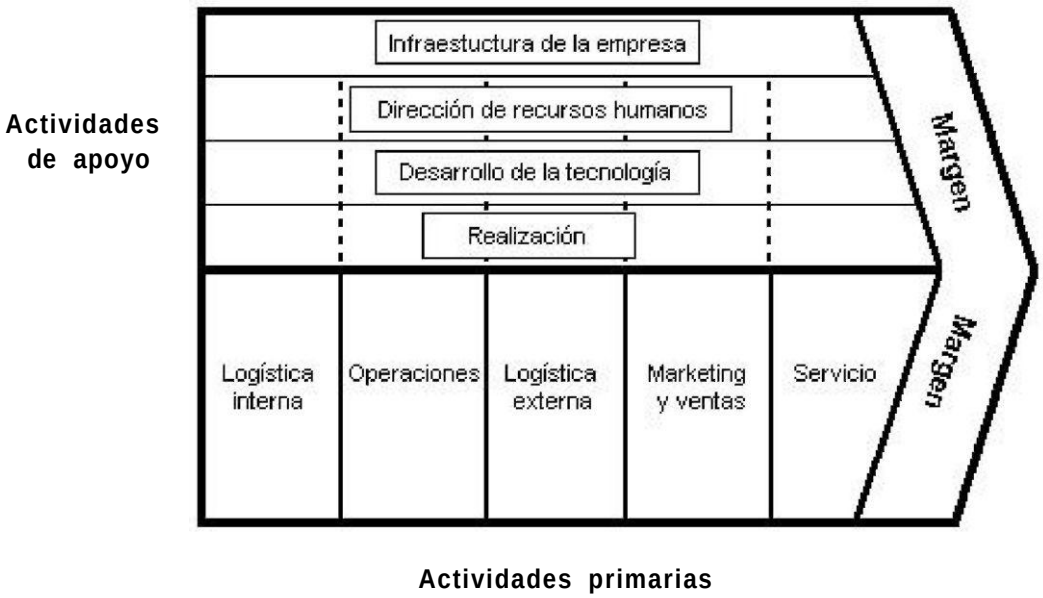


Figura 4. Diagrama de Cadena de Valor (Porter M., 1985)

Como actividades primarias, se entienden aquellas relacionadas directamente con el desarrollo del producto; las actividades de apoyo serán entonces las que dan el soporte a aquellas, a través de insumos comprados, tecnología, recursos humanos y otras funciones en la empresa. El tercer elemento, identificado como margen, es la diferencia entre el valor total y los costos totales incurridos por la empresa para desempeñar las actividades generadoras de valor.

Así, a través de la cadena de valor es posible precisar la ventaja competitiva, crearla y mantenerla. Aún más, tomándola como base, puede hacerse el diseño de la estructura organizacional, pues el diagrama de cadena de valor es metódico en la manera de dividir en actividades discretas las operaciones de la empresa. Básicamente, consiste en una clasificación de las actividades que producen valor añadido en una organización, con el último fin des crear valor para el cliente, obteniéndose un margen entre lo que el cliente acepta pagar y lo que ha costado poner el producto en sus manos. Todo esto provoca un movimiento general en diversos agentes económicos, los cuales gestionan individualmente su propia cadena de valor. Así que este concepto de la cadena de valor puede ser aplicado también a cadenas de suministro completas y a redes de distribución.

2.2. Competitividad y ahorro en la cadena de suministros

Tomando en cuenta que a partir de hace unas décadas se considera que una empresa compite en el mercado no como negocio, sino como cadena completa de suministros, la mejora de la eficiencia de la cadena es imperativa para que la empresa siga compitiendo en el mercado; y uno de los caminos sugeridos por diversos autores es el de una filosofía administrativa que estreche la relación con clientes y proveedores. Existe además una presión para las empresas, por parte de los consumidores y del mercado para que ofrezcan los precios más bajos posibles, con la mejor calidad y que entreguen el producto o realicen el servicio en el menor tiempo, tomando ventaja solo aquella que logre la mayor eficiencia en su cadena de suministros completa (Mentzer, y otros, 2001; Quayle, 2003; Turban, McLean, & Wetherbe, 2004; Simchi-Levi, Kaminsky, & Simchi-Levi, 2003).

La cadena de suministros es conocida también como red logística, con características evolutivas en el tiempo, debido a las fluctuaciones en la demanda y en la capacidad de producción. La colaboración entre todos los eslabones que apoyan la transformación y distribución de los productos, hasta que llegan al consumidor final, dan lugar a un ambiente de redes dinámicas, que se ha llegado a conocer como Empresa Extendida; la principal característica de este concepto, es la presencia de una empresa dominante, que amplía sus operaciones a los demás eslabones de la cadena (Carrie, Bititci, Reid, Trienekens, Hovlby, & Coll, 1998; Hayfron, Carrie, Bititci, & Pandya, 1998)

Una definición muy aceptada del concepto de Cadena de Suministro es la de Chopra y Meindl (Chopra & Meindl, 2001) donde se menciona que consiste en todas las etapas involucradas, directa o indirectamente, en la satisfacción de las necesidades de un cliente.

Como un modelo para la administración de la cadena de suministros, existe la propuesta de dividir en tres etapas las principales tomas de decisiones que se llevan a cabo a lo largo de la cadena. Se denominan fases de decisión, y abarcan el diseño, la planeación y la operación de la cadena de suministros, y aparecen representadas en el diagrama de Factores de la Competitividad, como parte básica de la formulación de una estrategia competitiva (Figura 5):

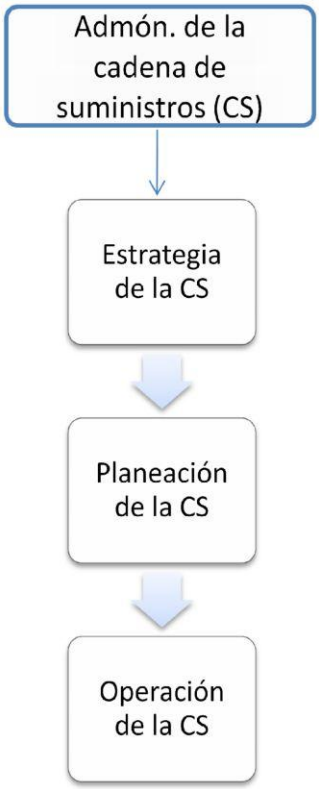


Figura 5. Fases para la Administración de la Cadena de Suministros. Adaptado de Chopra & Meindl, (2001)

La primera fase, el diseño de estrategia de la cadena de suministro es la etapa en la que se decide la estructura o configuración y los procesos que se realizarán en las siguientes fases. En la segunda fase, la planeación de la cadena de suministro corresponde la definición de las políticas y restricciones que dirigirán las operaciones a corto plazo. Finalmente, la operación de la cadena de suministro, es la tercera fase, donde ya establecidas la configuración y la planeación de la cadena, solo queda implementar las políticas de operación de la manera más eficiente posible.

Para que una compañía sea exitosa, su estrategia de cadena de suministro debe ser congruente con la estrategia competitiva, es decir, que tienen el mismo objetivo. Se refiere a la consistencia entre las prioridades del cliente para las cuales la estrategia competitiva está diseñada y las capacidades de la cadena de suministro que la estrategia de la cadena de suministro pretende construir.

2.3. Tecnología y Competitividad

En el concepto de competitividad, analizado en el primer capítulo de la presente tesis, se encontró una fuerte relación entre el mismo y el rol de la tecnología en la empresa. La tecnología influye tanto en el factor de productividad, como en el desarrollo de las estrategias competitivas que ayudarán a la empresa a alcanzar una mejor posición en el mercado. En el diagrama de Factores de la Competitividad, mostrado en ese capítulo, se ubican estos dos aspectos referentes al papel del aspecto tecnológico, como se muestra en la Figura 6:

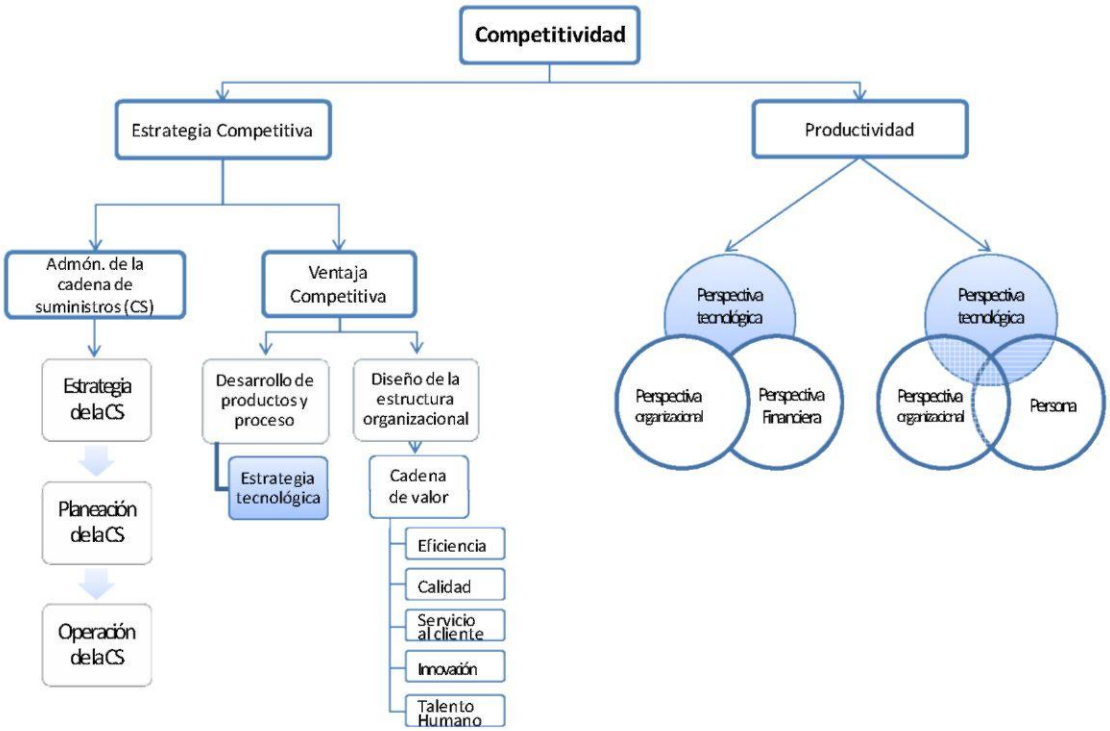


Figura 6. Tecnología dentro de los Factores de Competitividad.

La estrategia tecnológica, apoyará el desarrollo de productos y procesos para la formulación de una ventaja competitiva, que a su vez forma parte de los factores que componen la estrategia competitiva.

La perspectiva tecnológica, es uno de los tres aspectos que incluye el enfoque sociotécnico para realizar mejoras en el sistema empresarial que redunden en un incremento de la productividad total.

2.3.1. Tecnología y ventaja competitiva

En general, la ventaja competitiva se atribuye al conjunto de características que diferencian un producto o servicio final en el mercado (Porter M. , Competitive Advantaje. Creating and Sustaining, 1985). La tecnología, en referencia a los trabajos de Saari (2006), es la manera en que se combinan los recursos productivos dentro de los procesos de producción para conseguir los productos finales.

De modo que cualquier cambio tecnológico tiene un evidente impacto en la ventaja competitiva, debido a su papel en el desarrollo productivo. Tiene pues la influencia de modificar la posición de la empresa en el mercado, ya sea de manera positiva, o por el contrario, quitándole a la empresa la preferencia de los clientes. Se observa a menudo, en casos prácticos de las empresas, que la ventaja competitiva se puede lograr mediante cambios simples en la manera de llevar a cabo las actividades normales o de combinar las tecnologías existentes.

Al respecto, Porter (1985) explica algunas evidencias de la existencia de un cambio tecnológico positivo:

- si se reducen los costos, mejora diferenciación y se sostiene un liderazgo tecnológico,
- si los factores del costo o de la singularidad del producto son modificados a favor de la empresa,
- si redunda en ventajas para el pionero en la tecnología (llamado también "primer participante"),
- si en general, mejora la estructura global de la empresa.

Y agrega, que si un cambio tecnológico no cumple con los requisitos anteriores, la posición competitiva no mejorará, aunque represente un gran avance tecnológico.

2.3.2. Tecnología y cadena de valor

Para conocer la función de la tecnología en la ventaja competitiva, la cadena de valor es una herramienta básica, al contener en cada una de las actividades de valor un conjunto de tecnologías.

En los estudios de Porter (2006), se consideran a las siguientes, como las más representativas de la cadena de valor, tanto por su papel en las denominadas actividades primarias, como en las de apoyo y se resumen en la Figura 7:

- Tecnología de los sistemas de información
- Tecnología de productos
- Tecnología del manejo de materiales
- Tecnología de procesos básicos
- Diseño asistido por computadora
- Tecnología de sistemas de comunicación

De manera que, a lo largo de toda la cadena de valor, están presentes diferentes tecnologías. Es importante destacar que la de Porter (1985) es una cadena genérica, y para efecto de la presente tesis, la cadena de valor utilizada quedará como se muestra en la Figura 8. Las principales diferencias entre ambos diagramas, es la representación del área de Finanzas, como actividad de apoyo, y la división de las actividades primarias entre las áreas de Calidad, Producción y Mantenimiento y Ventas y Mercadotecnia. Además, la actividad de Servicio, se considera una subdivisión del área de Ventas y Mercadotecnia.

A lo largo de esta cadena de valor, se habrá de formular la estrategia tecnológica que permita a la empresa tomar ventaja en el mercado.

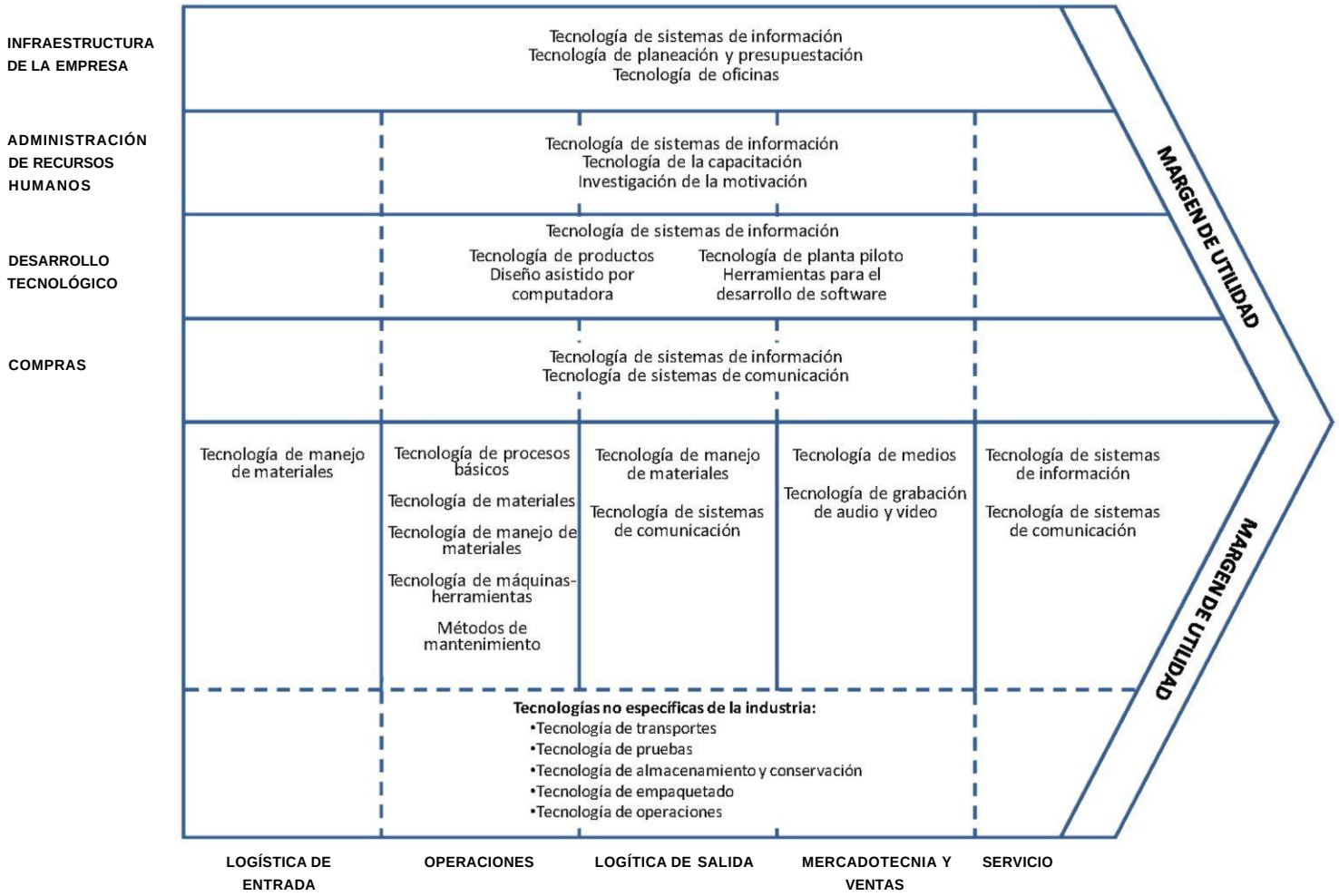


Figura 7. Tecnologías en la Cadena de Valor. Adaptado de Porter (1985)

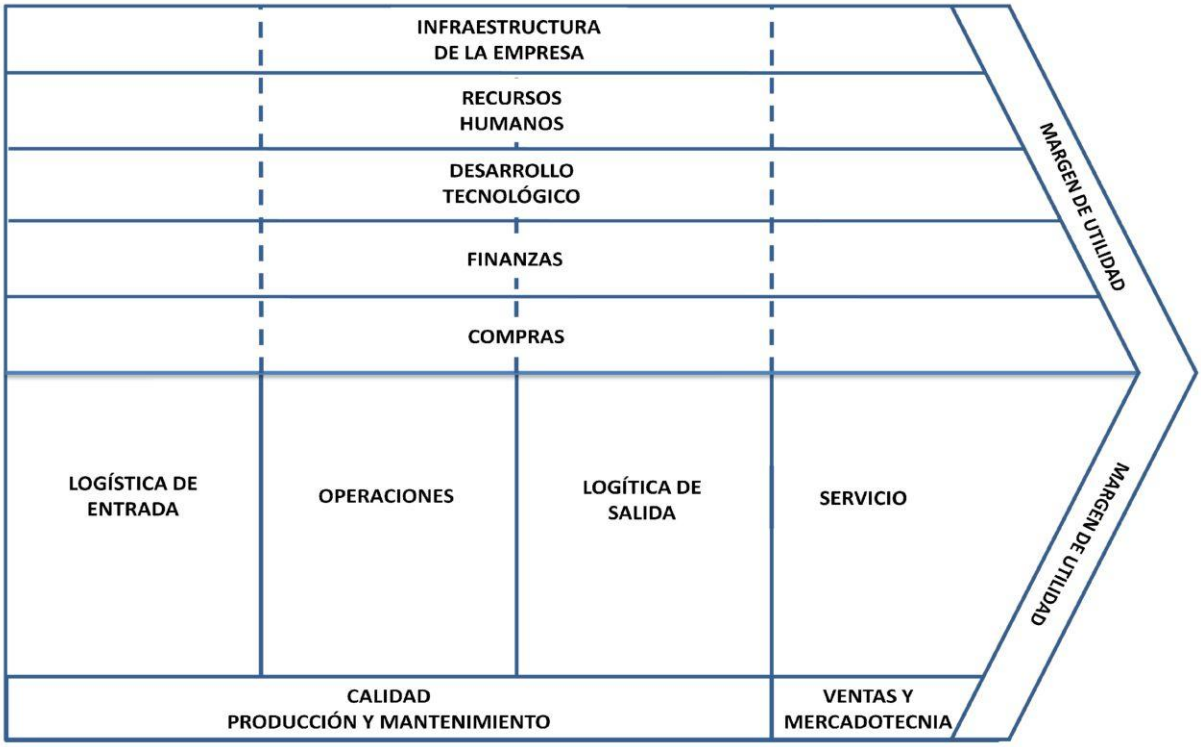


Figura 8. División de actividades en la Cadena de Valor

A lo largo de esta cadena de valor, se habrá de formular la estrategia tecnológica que permita a la empresa tomar ventaja en el mercado.

2.4. Criterios para integrar la cadena de suministros de la industria aeroespacial

La industria aeroespacial es uno de los sectores más exigentes para los proveedores. La tecnología requerida, los altos estándares de calidad, las estrictas políticas de procesos, mano de obra especializada y la sustentabilidad de las inversiones, hacen de esta industria todo un reto para las empresas que desean incursionar en el sector.

Los productos de esta industria deben ser sumamente seguros, confiables y con los más altos estándares técnicos, lo que se logra solo mediante una estricta normatividad en seguridad y procesos técnicos. Por esta razón, a lo largo de toda la cadena de suministros se lleva a cabo un minucioso control de calidad, con el fin de detectar a

tiempo los riesgos y errores, y formar una red confiable, ya que los resultados de esos errores en el producto o servicio pueden derivar en accidentes fatales.

Al igual que en la industria automotriz, se requieren servicios de soporte especializados, con el fin de incrementar la competitividad. Con base en este objetivo, continuamente se renuevan los modelos de negocios para reducir los costos excesivos y conseguir la tecnología de vanguardia; al respecto, se requiere una gran cooperación entre las empresas, la comunidad y los gobiernos para lograr la rentabilidad de esta industria a través de una cadena de suministro eficiente, formada solo por aquellos proveedores que ofrezcan una ventaja competitiva y satisfagan las exigencias del sector. Principalmente, la industria requiere una protección especial por parte de los gobiernos, debido a las pruebas y experimentación en tierra y aire; además, sin la cooperación de la denominada industria subsidiaria, el avance y desarrollo del sector se vería entorpecido.

A continuación se detalla la organización jerárquica de la industria, cuyo modelo de hileras formando parte de una pirámide es ya ampliamente conocido, y se muestran las descripciones de cada nivel, así como las empresas de mayor presencia en el mercado internacional (Figura 9):

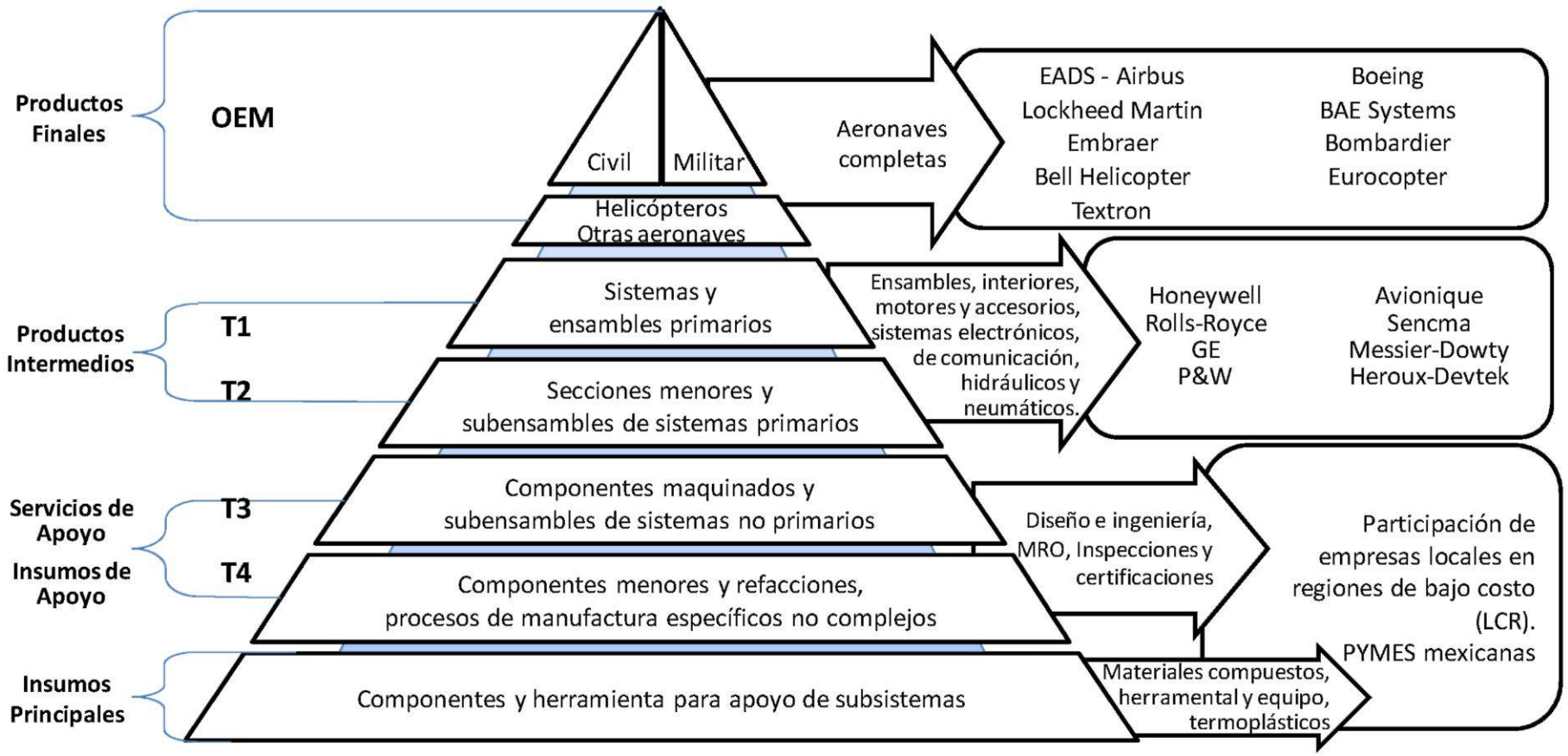


Figura 9. Organización jerárquica de la industria aeroespacial mundial.

- Lo más alto de la pirámide está formado por los fabricantes de equipo original (OEM), en este caso, los ensambladores de la armadura del avión, quienes se encargan de diseñarlos y enviar luego los pedidos de subensambles a la siguiente hilera. Aquí se encuentran las compañías Airbus, Boeing, Bombardier, Embraer, Bell Helicopter, Eurocopter y Textron.
- De aquí en delante, la jerarquía de la industria está organizada por "hileras". Las primeras dos hileras (Tier 1 y Tier 2) están formadas por empresas fabricantes de sistemas y ensambles primarios para los productos finales, así como fabricantes de estructuras de armadura de avión y subensambles de equipos de aterrizaje, sistemas hidráulicos y sistemas de propulsión, incluyendo además algunos productores de aviones de abordar. Las principales representantes de estos niveles son: General Electric, Pratt & Whitney, Rolls-Royce, Honeywell en los EE.UU. y el Sextante Avionique en Francia, Messier-Dowty (Francia) y He'roux-Devtek (Canadá).
- En el tercer nivel están los productores de subensambles electrónicos, sistemas hidráulicos y partes de fuselaje.
- El cuarto nivel está formado por pequeños y medianos fabricantes de partes y componentes utilizados en los subensambles, y que no son necesariamente proveedores exclusivos de la industria aeroespacial, sino que venden sus productos en sectores diversos. Se clasifican en este nivel también las compañías especialistas en procesos de manufactura no complejos.
- Generalmente se agrega un nivel más para representar los sistemas proveedores de insumos principales, tales como componentes, herramientas y servicios complementarios a los subsistemas de apoyo a la producción.

2.5. Particularidades de la cadena de suministros de la Industria Aeroespacial

En el sector manufacturero, la industria aeroespacial es la que tiene el mayor valor agregado a nivel mundial, sobrepasando a la consolidada industria automotriz. Observando el desarrollo de este sector, se encuentran características que logran diferenciarlo de los demás sectores industriales, y que destacan la importancia del carácter estratégico al tomar decisiones, por ejemplo:

- Industria de alto valor agregado, generador potente de riqueza
- Constante actividad de investigación y desarrollo
- Tecnología de vanguardia
- Requiere mano de obra altamente calificada
- Productos de largo ciclo de vida
- Requiere cooperación internacional
- Requiere altas inversiones en capital
- Requisitos, certificaciones y normatividad muy estrictas en temas de calidad

Siguiendo el modelo de las 5 fuerzas competitivas de Porter, es importante destacar que la competencia está dada solo entre unos pocos en este sector, que son quienes concentran económicamente toda la industria, dado que la inversión requerida para convertirse en fabricante de equipo original es muy alta. Luego, cada cliente va definiendo a sus proveedores, formando luego un conjunto de aquellos más confiables y que cumplan con todos los estándares que les solicita.

En la Figura 10, se observan unas gráficas tomadas de los estudios realizados por el Centro de Inteligencia Estratégica ProduCen (ProduCen, 2008) se observa la participación económica de las empresas más fuertes en el sector, tanto en aplicaciones civiles, como militares:

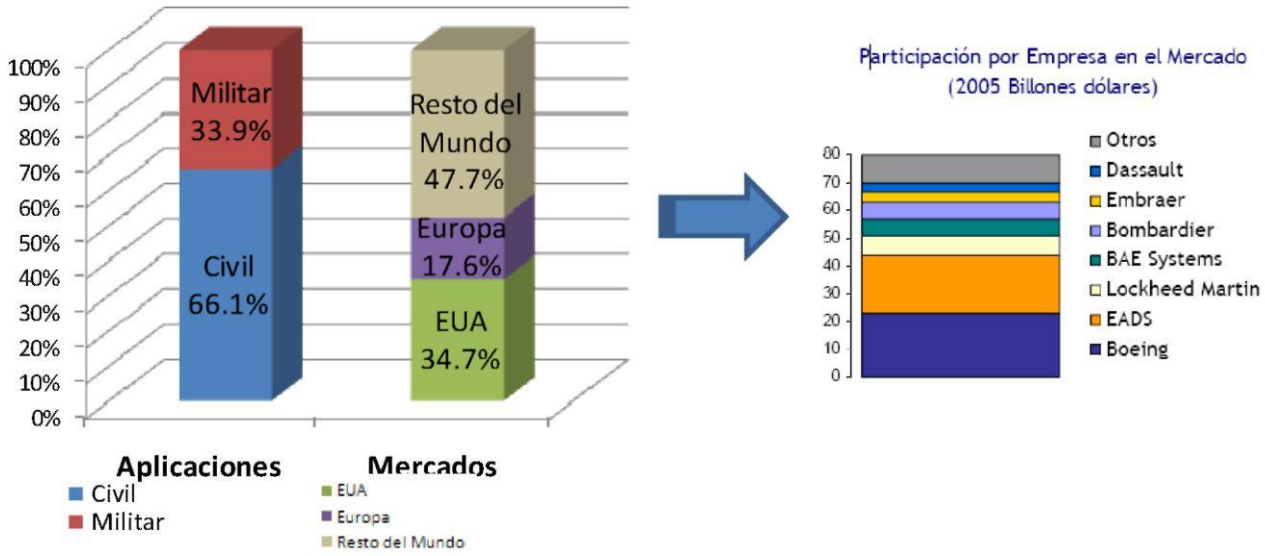


Figura 10. Competidores por regiones y empresas, 2005. Tomado de (ProduCen, 2008)

El diseño o modelo de negocio aeroespacial pone mucho énfasis en los factores de producción, considerando entre otros, de importancia crítica a la cultura empresarial, los financiamientos de arranque, control de calidad y certificaciones del cliente, logística, etc. Específicamente, los factores de producción relacionados con los procesos de fabricación se distinguen por su complejidad técnica en la introducción de materiales no convencionales y el manejo de procesos especiales.

Como se muestra en la Figura 11, un factor muy presente en el desarrollo de nuevos productos en el sector y en la madurez de la industria, es la calidad de los nuevos materiales de producción, que favorecen a las aeronaves en resistencia y en eficiencia del diseño.

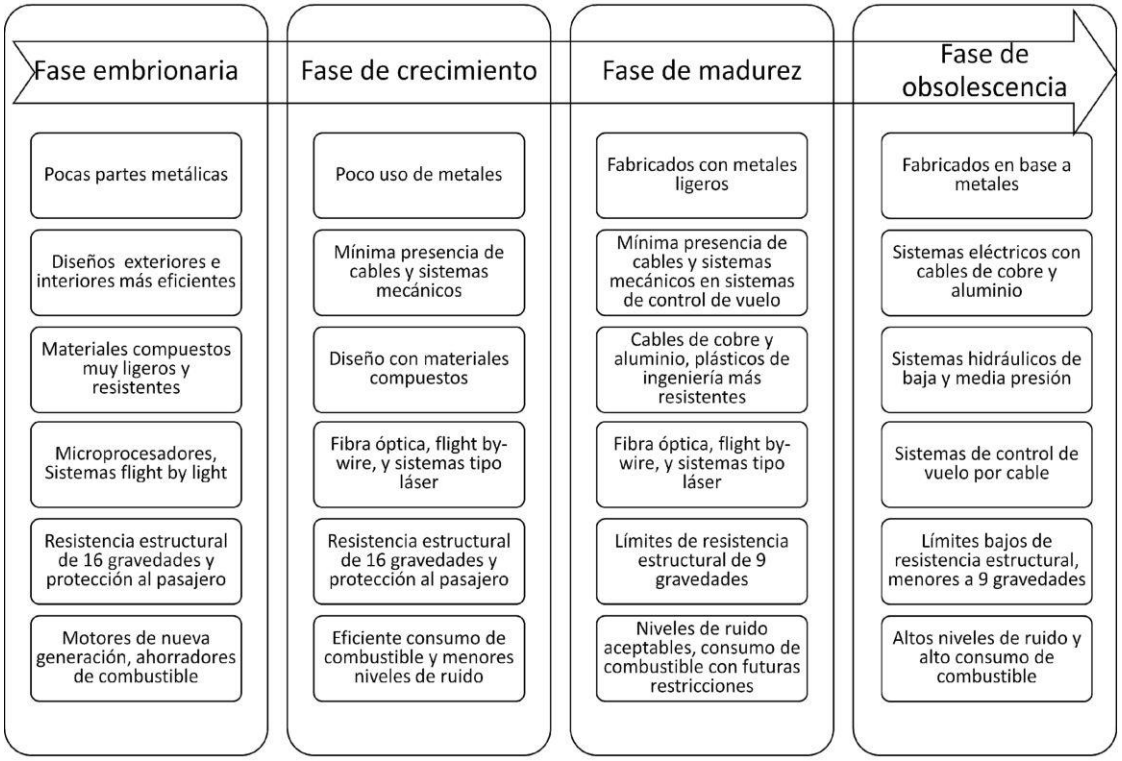


Figura 11. Fases de desarrollo de la industria aeroespacial. Adaptado de (ProduCen, 2008)

2.5.1. Modelos para el desarrollo de proveedores de la Industria Aeroespacial

Los equipos de trabajo, la industria subsidiaria y los fabricantes de equipos originales del sector aeroespacial, por lo general están geográficamente dispersos, así que las empresas ensambladoras, que son quienes dirigen el proyecto, buscan cómo minimizar los costos y reducir los tiempos de lanzamiento del producto al mercado.

Para un desarrollo armónico y cooperativo de la industria existen varios modelos de desarrollo de proveedores, quienes deberán trabajar en la mejora continua de sus procesos y sistemas, básicamente en tres aspectos que marcan la diferenciación de este sector con los demás giros industriales (Saavedra R., 1999; Elizondo V., 2003; Simental R., 2005; Gamboa, 2008):

- Aspecto organizacional, el cual hace referencia tanto a la mejora de la cultura organizacional, como al cumplimiento con las estrictas regulaciones de la industria.
- Aspecto tecnológico, que está relacionado tanto con la preparación técnica y tecnológica del recurso humano como con la capacidad productiva de la empresa. Las tecnologías de manufactura y las técnicas de fabricación son las divisiones para realizar el estudio de los factores tecnológicos que afectan el desarrollo de la industria.
- Aspecto financiero, que trata de las condiciones económicas, financiamientos y subsidios que fomenten la instalación y desarrollo de la industria.

Los modelos, tanto de desarrollo de proveedores como de desarrollo organizacional, a los que se hace referencia a lo largo de esta Tesis, son:

- Modelo sociotécnico, que considera a la empresa como el resultado de la interacción de sus elementos tecnológicos, los aspectos sociales que la rodean y la estructura organizacional (Rice, 1958; Trist, Higgin, Murray, & Pollock, 1963)
- Modelo de los tres pilares de la Industria Aeroespacial, tomado del documento elaborado por el Centro de Innovación en Diseño Y Tecnología (CIDYT) del

ITESM, Campus Monterrey, para la instalación de la empresa Bombadier en el estado de Nuevo León, México (Bouche, Reyes, & Ramírez, 2007).

- Marco de análisis de recomendaciones para el sector automotriz de A.T. Kearney (A.T. Kearney, 2007), realizado para la Secretaría de Economía (2008), corresponde a un modelo de mejora del nivel de competitividad del sector automotriz en México.
- Modelo SCOR, diseñado para detectar los problemas en la cadena de suministro de cualquier industria, y sugiriendo el desarrollo de software SCM. Tomado de la presentación "Gestión integrada de la Empresa" en el Congreso Nacional de Ingeniería Industrial CONEII-PUCP (Cabeza, Gestión Integrada de la Empresa, 2007).
- Modelo de abastecimiento en regiones de bajo costo, propuesto en el Informe Anual del Consorcio Aeroespacial de Farnborough, Reino Unido, 2004, en el cual se propone a través de un mapa conceptual, una serie de acciones de desarrollo de cadenas de suministro en las denominadas Regiones de Bajo Costo (tomado de (Rodríguez, 2006)).

Los primeros dos modelos dejan establecido que la industria aeroespacial tiene como fundamentos los tres pilares, aspectos o perspectivas ya mencionados: organizacional, tecnológico y financiero, a partir de los cuales inicia el proceso de desarrollo de la industria como tal, considerando la mejora continua de los factores que afectan a cada aspecto.

El modelo de A.T. Kearney hace referencia a tres factores para mejorar la competitividad de las empresas del sector automotriz en México, y es interesante notar dos de las perspectivas del modelo socioeconómico de Trist (1963):

- Competitividad en Desarrollo Tecnológico
- Competitividad en costos
- Enfoque e impulso de negocios

La correspondencia que existe entre estos primeros tres modelos se señala en la Figura 12 de la siguiente página:

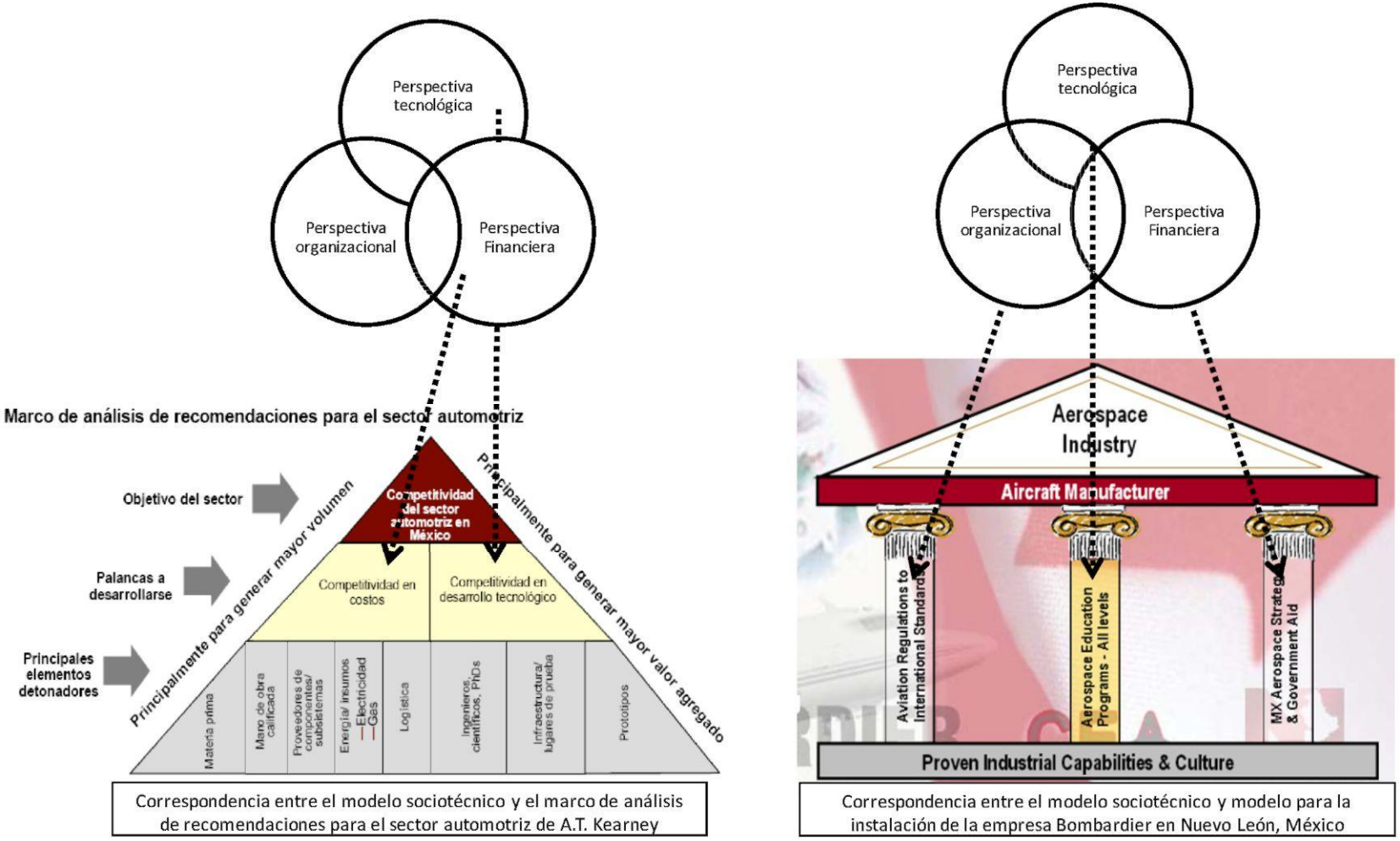


Figura 12. Correspondencia de la Perspectiva Tecnológica en el modelo sociotécnico

El modelo SCOR (Figura 13) es una referencia para planear la gestión de la cadena de suministro, mediante una estructura determinada de procesos e integrando conceptos muy conocidos, como: Reingeniería de procesos y Benchmarking. Ayuda a entender de forma rápida una cadena de suministro, evaluarla e identificar las áreas de oportunidad que representen el mayor valor; a partir de aquí, el modelo propone la evaluación de las mejores prácticas del mercado, como opciones de mejora para las áreas de oportunidad.

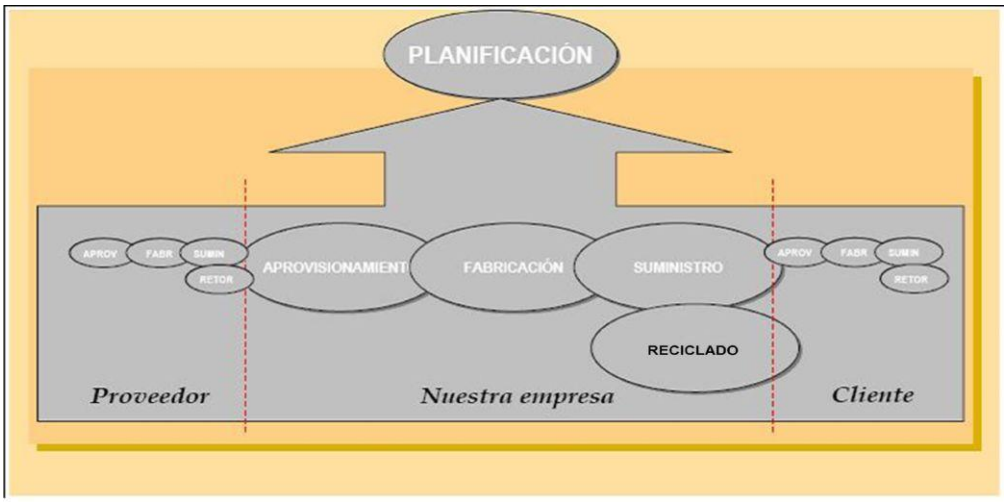


Figura 13. Ámbitos contemplados dentro del modelo SCOR. Tomado de (Cabeza, Gestión Integrada de la Empresa, 2007)

Sin embargo, una limitación de este modelo, es que no permite describir todos los procesos de negocio o actividades, pues se concreta a las áreas de planificación, aprovisionamiento, producción, suministro y retorno; dejando de lado las actividades de ventas y mercadotecnia, desarrollo del producto, investigación y desarrollo y atención post-venta al cliente.

Por último, el Modelo de Abastecimiento en Regiones de Bajo Costo (Figura 14), aparece en la edición 2004 del informe anual del Consorcio Aeroespacial de Farnborough, Reino Unido.

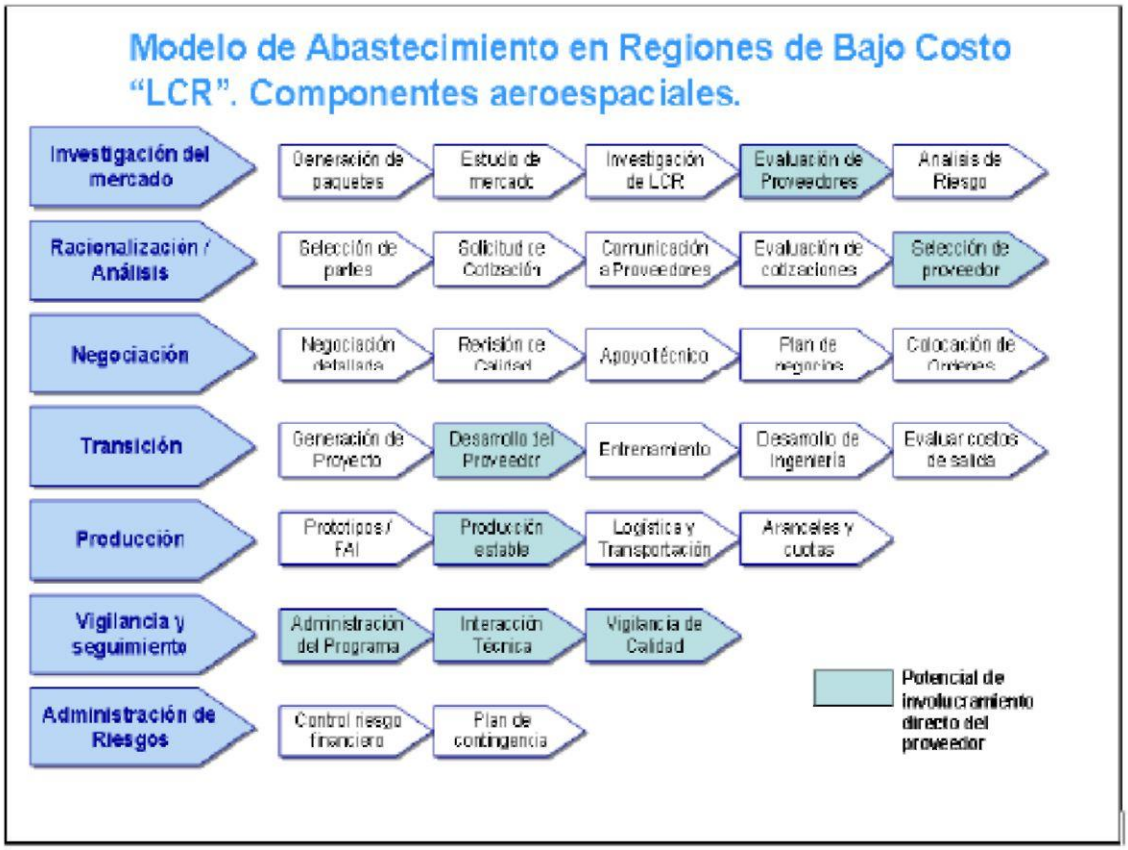


Figura 14. Mapa conceptual del proceso de desarrollo de una cadena de suministros de componentes aeroespaciales en Regiones de Bajo Costo. Bravura, (2004) en (Rodríguez, 2006)

En estas regiones, los contratos de las plantas manufactureras tienen un ahorro considerable, pues las empresas manufactureras encuentran un ahorro considerable en los costos de producción, así como facilidades por parte de los gobiernos para instalarse, pues los mercados en estas regiones se encuentran aún en desarrollo y buscan inversiones fuertes que activen la economía local. Aunado a esto, las empresas trasnacionales tienen la posibilidad de elegir la mano de obra mejor capacitada de la región. China, México, Europa Central, el Medio Oriente y Rusia tienen mercados en crecimiento que ofrecen la posibilidad de ahorros en la cadena de suministros.

El mapa conceptual define una serie de pasos a seguir para transferir productos a proveedores en desarrollo, de modo que las empresas de los niveles más altos de la pirámide deleguen la manufactura de un conjunto de productos a regiones de bajo costo. La utilidad de este modelo para efecto de la presente tesis, es que da un marco teórico para los resultados de la misma, pues la identificación y mejora de los factores críticos

de aspecto tecnológico apoyan los programas de desarrollo del proveedor sugerido en varios de los pasos del modelo de Farnborough.

2.5.2. Requisitos de calidad y normatividad específicos para las industrias del sector

Uno de los grandes obstáculos para ingresar a la cadena de suministros aeroespacial, es la falta de certificaciones de calidad para la manufactura de piezas y componentes aeroespaciales. Como se ha mencionado antes, el control de calidad en este sector es muy estricto, y los proveedores que carecen de la reglamentación requerida no tienen posibilidades de integrase al mismo.

Los principales sistemas de gestión de la calidad, establecidos por las compañías líderes del sector cubren todo el sistema organizacional del posible proveedor, desde el diseño y la manufactura hasta los procesos de negocios, inspecciones y pruebas. La norma ISO 9001:2000 es considerada como el fundamento de las demás normas, y se compone de ocho principios básicos: orientación al cliente, liderazgo, implicación, enfoque a proceso, enfoque en el sistema hacia la gestión, mejora continua y enfoque amplio.

Debido a la confiabilidad que debe tenerse en el producto final, el sector aeroespacial tiene múltiples derivaciones de normatividad, no solo para los procesos, sino también para las especificaciones de materiales, las prácticas recomendadas, la aplicación de compuestos resistentes a la corrosión y la abrasión y para los reportes de información aeroespacial. Por esto, la lista de certificaciones, si se incluyen las del sector militar es muy extensa. Pero depende del producto, cada organización define las normas que deberá cumplir. Las más importantes, siguen siendo las derivadas de la norma ISO 9001, que se enlistan a continuación:

- AS9100, requerimientos para diseño y/o manufactura de productos aeroespaciales.
- AS9110, requerimientos para el mantenimiento de la organización.
- AS9120, requerimientos para almacenamiento y distribución de componentes.

- EN9100, se refiere a actividades de fabricación de componentes aeronáuticos.
- ISO 9001-2000, enlista los requerimientos para desarrollar un Sistema de Gestión de Calidad (SGC) que ayude a la empresa a cumplir con los requisitos de calidad de sus clientes.
- ISO 14001, se refiere a los aspectos ambientales críticos que competen a la empresa, con el fin de conseguir una reducción de los efectos negativos sobre el medio ambiente.
- TS 16949-2002, más que una certificación, es una especificación técnica (Technical Specification), de aplicación en las organizaciones proveedoras de auto partes, materiales y servicios relacionados con la producción de automotores.
- Certificaciones DGAC: Dirección General de Aeronáutica Civil, órgano dependiente de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), otorga certificaciones a empresas de mantenimiento de motores de avión o fabricación de componentes aeroespaciales.

Además de las certificaciones correspondientes al giro industrial de cada empresa, el programa Nadcap (National Aerospace & Defense Contractors Accreditation Program) indica las normas de procesos especiales que corresponden según el tipo de producto que se fabrique. Este programa fue creado en 1990 por la SAE (Society of Automotie Engineers) como un programa certificador y acreditador de diversos procesos especiales para la industria aeroespacial civil y militar, tales como:

- Tratamientos térmicos
- Procesos químicos
- Corte
- Soldadura
- Pruebas no destructivas
- Materiales compuestos
- Ensayo de materiales
- Electrónica
- Sistemas de distribución de fluidos
- Maquinados no convencionales
- Recubrimientos especiales

Este programa es requerido por las principales compañías ensambladoras, como Boeing y Bombardier. Los procesos de certificación pueden llevar entre tres y nueve meses, según el tiempo y la capacitación de las personas que se dediquen al trabajo.

Es importante destacar que entre los principales beneficios de las certificaciones están la licencia para hacer negocios, la administración del riesgo, el incremento en las oportunidades de mercado, la mejora continua y la reducción de fallas.

Mención aparte merecen las instituciones y organismos relacionados con las certificaciones y las asesorías para la gestión de la calidad:

- FAA. La Federal Aviation Administration, es un organismo del gobierno de EUA encargado de los asuntos de seguridad de la aviación civil en ese país, a través de regulaciones para la fabricación, funcionamiento y mantenimiento de aeronaves, y la gestión eficaz del tráfico aéreo.
- PRI, Performance Review Institute, tiene como objetivo proporcionar un conjunto de programas y servicios diseñados para mejorar los procesos de manufactura y la calidad del producto mediante el desarrollo de normas de desempeño y acreditación, certificación y programas para el aseguramiento de la calidad.
- SAE, Society of Automotive Engineers, es un organismo internacional, cuyos miembros se encargan de desarrollar la información técnica sobre todas las formas de auto-propulsión de vehículos incluidos automóviles, camiones y autobuses, aeronaves, vehículos aeroespaciales, marinos, etc. Para luego difundir esta información por diversos medios de comunicación impresos y electrónicos.
- EQA, European Quality Assurance, es una entidad europea de certificación de sistemas de gestión, verificación medioambiental, y proyectos y gestión de investigación y desarrollo tecnológico.

Por último, es importante hacer referencia al tratado BASA (Bilaterial Aviation Safety Agreement), firmado en conjunto por el gobierno mexicano y el gobierno estadounidense para reconocer la capacidad técnica de las autoridades mexicanas para certificar la calidad de los componentes. Este convenio permite el reconocimiento y aceptación entre las empresas candidatas a la certificación, de modo que las certificaciones otorgadas sean válidas tanto en un país como en otro, teniendo en cuenta que todas las normas llegan a territorio mexicano como exigencias de las empresas estadounidenses y no como normas mexicanas.

Entre los beneficios del tratado BASA están la disminución de los costos de transporte, aprobación y exportación desde la empresa que solicita la certificación a la empresa que validará los procesos.

2.6. Clústers Aeroespaciales

Para el desarrollo de toda industria deben tomarse en cuenta los factores de tipo organizacional, tecnológico y financiero. Para satisfacer las necesidades teóricas y prácticas al respecto, se hace necesaria la cooperación de diversos organismos que apoyen al crecimiento competitivo de las empresas envueltas en el sector, que a su vez serán un pilar fundamental en el crecimiento económico de sus respectivas regiones.

De esta manera, la colaboración entre empresas, centros de investigación, universidades, grupos de financiamiento empresarial y gobierno dan lugar a la formación de un clúster industrial, concepto ampliamente definido por diversos autores (Marshall, 1890; Porter M. , 1990; Krugman, 1992). Este concepto hace referencia a las redes de cooperación tecnológica, que se integran en sistemas de producción e innovación bien definidos y muchas veces localizados geográficamente cerca, lo que favorece el intercambio de información y un rápido aprendizaje tecnológico.

En el caso del sector aeroespacial, se han identificado algunos factores críticos para el desarrollo exitoso de un clúster, tales como:

- Costos competitivos
- Infraestructura
- Poder de financiamiento
- Capital humano
- Desarrollo tecnológico
- Enlaces comerciales
- Grupo de empresas
- Programa de desarrollo de proveedores
- Coordinación estratégica
- Colaboración e interacción entre empresas

Los casos de éxito de clústers aeroespaciales ilustran la posibilidad de sumar el caso particular de México, mediante aprender de las mejores prácticas y de los obstáculos que tuvieron que enfrentar otras regiones alrededor del mundo.

2.6.1. Clústers Aeroespaciales dinámicos en el mundo

Los agrupamientos aeroespaciales más dinámicos en el mundo, se observan tanto en EUA como en la Unión Europea, pero la participación de otros países y regiones también es notable: Rusia, China Japón, India, Canadá, Brasil y Medio Oriente.EUA tiene la ventaja competitiva, con cerca de la mitad de la producción mundial, mientras que la Unión Europea aún no pasas de una cuarta parte de la misma. Ambos son los principales competidores en los sectores de aviación comercial y espacial. Por su parte, Rusia cuenta con un alto nivel tecnológico, pero se ve amenazada con graves dificultades económicas.

Las llamadas potencias emergentes, que no cuentan con el nivel tecnológico ni los medios económicos de las potencias dominantes ya mencionadas, también buscan aumentar su presencia en la industria aeroespacial, con estrategias de cooperación y alianza con los países de mayor poder económico. Entre estos países se encuentran China, Japón e India.

En el continente americano no solo los EUA tienen presencia en este sector, sino que es importante mencionar a Canadá y Brasil, en cuyos territorios se encuentran importantes empresas de primer nivel, convirtiéndose en proveedores mundiales de aviones regionales.

Por otro lado, a pesar de los conflictos socio-políticos en que está inmersa la región del Medio Oriente, Israel, Pakistán, Irak e Irán tienen el objetivo de fortalecer su economía y política aeroespacial con el uso de la misma tecnología que han empleado para la fabricación de misiles tácticos y balísticos, con usos militares.

A continuación se describen los clúster aeroespaciales de mayor impacto a nivel mundial:

- Toulouse, Francia: El consorcio europeo Airbus Industrie se encuentra establecido en Toulouse, Francia desde 1969, con participación de empresas franco-alemanas, británicas y españolas. Esta empresa se considera el mayor productor de aviones comerciales, con un lote de 311 aeroplanos tan solo en el

año 2000 y presencia internacional en más de 30 países. Toulouse ha llegado a ser el principal clúster aeroespacial, contando con la colaboración de cientos de empresas, entre las que se encuentran: ATR, manufacturera franco italiana de turbohélices; Turbomeca, fabricante de turbinas de avión; Messier-Dowty, manufactura el equipo de aterrizaje para aplicaciones civiles y militares; Airbus - EADS, empresa francesa de aviones pequeños.

- Montreal, Canadá: Este clúster, representa un poco más del 50% del empleo del país en la industria aeroespacial. La producción de aviones comenzó en 1920, con aviones de propulsión pequeños; ahora, en este lugar se realiza el diseño completo del avión, con tecnología de turbohélice. Bombardier Aerospace da empleo a 15 000 trabajadores tan solo en la región, y cuenta con un total de 28 000 alrededor del mundo, llegando así a posicionarse en el tercer lugar en producción de aeronaves del mundo.

- Toronto, Canadá: En la ciudad de Toronto se concentra una cuarta parte del empleo nacional de Canadá, con una compañía dominando el sector aeroespacial, De Havilland Canadá (DHC), integrante del grupo Bombardier Aerospace. El clúster regional está ahora formado por más de 200 compañías, desde sus inicios en los años 20. La segunda más importante planta manufacturera en Toronto en Honeywell Canadá, ubicada en la industria de los componentes de comunicaciones y cuenta con alrededor de 1,300 empleados; la empresa ha conseguido avances en Investigación y Desarrollo, y algunas importantes patentes en el sector. En tercer lugar, figura la compañía Boeing Canadá, como industria subsidiaria de nivel 2 de subensambles de avión.

- Seattle, EUA: En EUA, la ciudad de Seattle cuenta con la productora de aeroplanos Boeing desde 1917, con evidente dominio del mercado mundial de aviones regionales para aplicaciones militares y civiles a partir del final de la 2da Guerra Mundial. En Boeing se fabrican seis diferentes modelos, cuya ingeniería es realizada por varias empresas alrededor del mundo, como GE, P&W y Honeywell en EUA, Rolls Royce y BAE Systems en Reino unido,CFM-SNECMA en Francia. Un obstáculo importante para la empresa se

presentó con la crisis del 2001, cuando se vio obligada a buscar proveedores extranjeros, y a ubicar sus plantas fuera del país, con el fin de reducir costos de producción e incrementar su penetración en el mercado.

- Sao Paulo, Brasil: EMBRAER es la empresa aeroespacial fabricante de equipo original y oscila entre los primeros lugares de importancia a nivel mundial en el mercado de aviones comerciales, militares y ejecutivos. Aunque adelantada por Boeing y Airbus, la competencia directa es con la empresa canadiense Bombardier, en el mercado de las aeronaves comerciales más pequeñas. El clúster de Sao Paulo, Brasil maneja el diseño e ingeniería del avión, además de la fabricación de componentes y pruebas de vuelo.

- Shangai, China: China ha tenido un veloz crecimiento en esta industria de 1980, cuando ocupaba una posición en el lugar 35 en el mercado de aviación; luego de 20 años, logró ubicarse como la sexta potencia en la industria, lo que generó el interés de ensambladoras de importancia mundial como Boeing. A finales del año 2007, la empresa China Aviation Industry Corporation terminó la producción de un avión regional comercial, que si bien no es competencia para Boeing o Aribus en cuanto al tamaño del avión, sí lo es para Bombardier y Embraer. El programa chino de desarrollo para la industria aeroespacial, pretende convertir la naciente base industrial en un clúster de clase mundial.

2.6.2. Industria Aeroespacial en México

El sector aeroespacial está apenas en fase embrionaria en México, pues el proceso de integración de las empresas mexicanas a la cadena de suministros aeroespacial representa grandes retos, principalmente porque la mayor experiencia de las mismas es en la industria automotriz.

Las diferencias entre ambas industrias se hacen más notorias cuando se observa la urgencia por adaptarse al modelo de bajo volumen, diversidad de productos y antes que bajo precio, garantizar la disponibilidad con largos tiempos de ciclo; pero es importante destacar que los factores que impulsaron el desarrollo de la industria automotriz en

México, también lo hacen ahora con las compañías aeroespaciales. México es ventajoso para las industrias aeroespaciales estadounidenses desde muchos puntos de vista, como el bajo costo de manufactura, la protección a la propiedad intelectual, las ventajas logísticas por la cercanía de ambos países, los apoyos gubernamentales y los crecientes planes educativos y de capacitación para los recursos humanos, como lo muestra la Figura 15, sobre la investigación de la Secretaría de Economía:

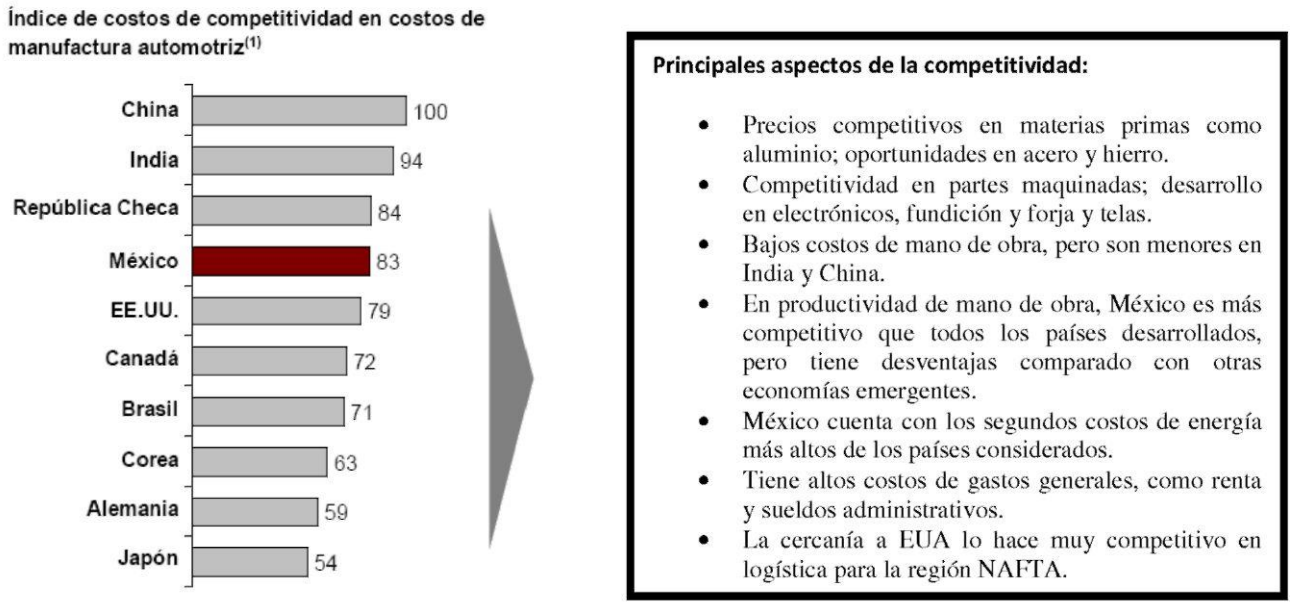


Figura 15. World Competitiveness Yearbook, Institute for Management Development; Trade Map. Análisis de A.T. Kearney.

Como se observa en los siguientes datos de la Figura 16, a pesar del reciente desarrollo de la industria aeroespacial en México, su crecimiento ha sido acelerado:

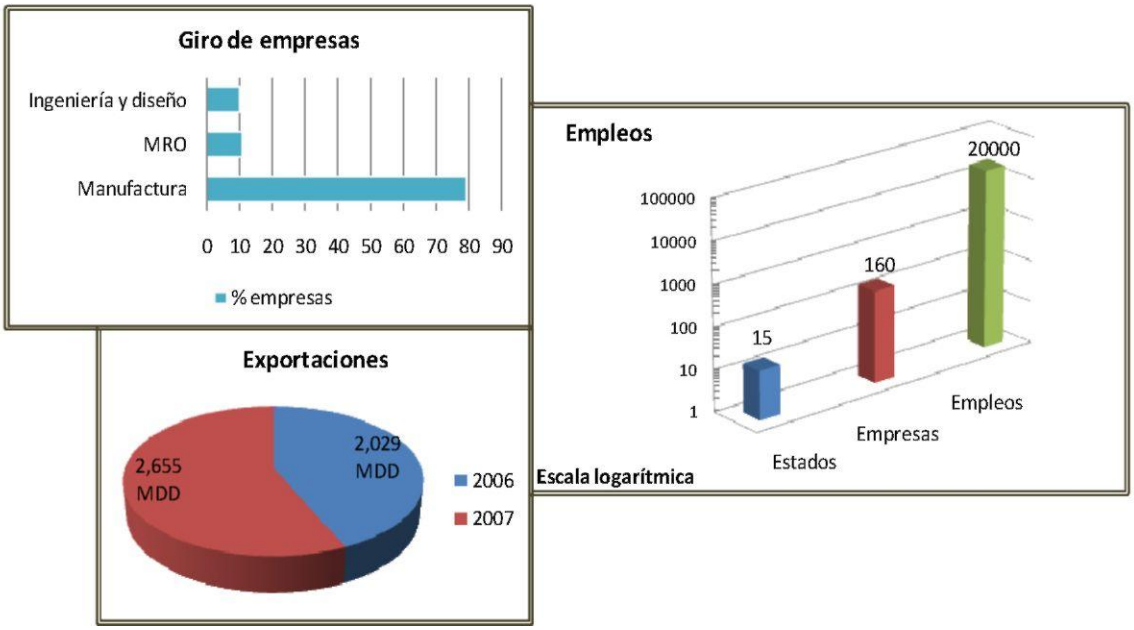


Figura 16. Crecimiento de la industria aeroespacial en México (Secretaría de Economía, 2008)

Las familias de productos que más se reconocen en la industria aeroespacial mexicana son:

- Motores y Accesorios de turbina
- Sistemas Electrónicos
- Sistemas de Telecomunicaciones
- Sistemas Hidráulico
- Sistema Neumáticos
- Sistemas Eléctricos y Maquinados
- Ensambles estructurales
- Herramentales y equipos
- Termoplásticos
- Interiores
- Tratamientos Térmicos
- Tratamientos Superficiales

Estos productos pueden ser clasificados de acuerdo a la organización jerárquica de la industria, como:

a) Insumos principales
b) Servicios de Apoyo
c) Insumos de Apoyo
d) Productos Intermedios
e) Productos Finales
f) Comercialización

Figura 17. Mapa de ubicación geográfico-operativa de las empresas mexicanas en el giro aeroespacial CEDIA NL, 2008

De acuerdo con el mapa de la Figura 17, se cuenta con la producción de productos finales en: Chihuahua, con la fabricación de avionetas tipo kits para ensamble de aviones; en Querétaro, con ensambles de arneses, estructuras, fuselajes, colas y estabilizadoras de aviones medianos y en Nuevo León, con una ensambladora de fuselajes para helicópteros militares.

Para cada actividad económica, existe una clasificación internacional acordada por EUA, Canadá y México, con el fin de estandarizar y homogeneizar el mayor número de productos y servicios para las transacciones económicas que correspondan. Este sistema es el llamado SCIAN, Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, y es el clasificador de actividades económicas único para la región de América del Norte; es interesante destacar que el siguiente Censo Económico 2009 del INEGI, utilizará esta clasificación para dividir las actividades económicas de la industria nacional. En la Figura 18 se muestran los principales productos que se elaboran en México.

ESTADO	CLASIFICACIÓN	SUBGRUPO	NAICS
Baja California	SERVICIOS DE APOYO	DISEÑO E INGENIERÍA	541330
Baja California	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	ENSAMBLES ESTRUCTURALES	336411
Baja California	INSUMOS PRINCIPALES	HERRAMENTALES Y EQUIPOS	334511 o 336412
Baja California	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	INTERIORES	336411
Baja California	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	MAQUINADOS	334511 ó 336412
Baja California	INSUMOS PRINCIPALES	MATERIALES COMPUESTOS	336411
Baja California	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	MOTORES Y ACCESORIOS	336412
Baja California	SERVICIOS DE APOYO	MRO	488190
Baja California	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	SISTEMAS ELÉCTRICOS	334511
Baja California	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y DE COMUNICACIÓN	334511
Baja California	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS	336311
Baja California	INSUMOS PRINCIPALES	TERMOPLÁSTICOS	334511 ó 336412
Baja California	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y SUPERFICIALES	334511 ó 336412
Querétaro	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	ENSAMBLES ESTRUCTURALES	336411
Querétaro	FINALES (PRODUCTOS)	AVIONES DE PESO SUP. 2.000 KGS	336411
Querétaro	SERVICIOS DE APOYO	DISEÑO E INGENIERÍA	541330
Querétaro	SERVICIOS DE APOYO	MRO	488190
Sonora	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	MAQUINADOS	334511 ó 336412
Sonora	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	MOTORES Y ACCESORIOS	336412
Sonora	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	SISTEMAS ELÉCTRICOS	336412
Sonora	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y DE COMUNICACIÓN	334511
Sonora	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS	336311
Sonora	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y SUPERFICIALES	334511 ó 336412
Nuevo León	COMERCIALIZACIÓN	COMPRADORES ESPECIALIZADOS	336412
Nuevo León	FINALES (PRODUCTOS)	HELICÓPTEROS DE PESO INF. 2.000 KGS	336411
Nuevo León	SERVICIOS DE APOYO	INSPECCIÓN Y CERTIFICACIONES	541380
Nuevo León	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	MAQUINADOS	334511 ó 336412
Nuevo León	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	MOTORES Y ACCESORIOS	336412
Nuevo León	SERVICIOS DE APOYO	MRO	488190
Nuevo León	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y SUPERFICIALES	334511 ó 336412
Chihuahua	FINALES (PRODUCTOS)	AVIONES DE PESO INF. 2.000 KGS	336411
Chihuahua	COMERCIALIZACIÓN	COMPRADORES ESPECIALIZADOS	336412
Chihuahua	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	MAQUINADOS	334511 ó 336412
Chihuahua	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	MOTORES Y ACCESORIOS	336412
Chihuahua	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	SISTEMAS ELÉCTRICOS	334511
Chihuahua	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	SISTEMAS ELECTRÓNICOS Y DE COMUNICACIÓN	334511
Chihuahua	INTERMEDIOS (PRODUCTOS)	SISTEMAS HIDRÁULICOS Y NEUMÁTICOS	336311

Figura 18. Información de las clases productos específicos con código NAICS (SCIAN). (Bouche, Reyes, & Ramírez, 2007)

2.6.3. Primeros clústers aerospacial nacionales

Como se ha analizado, la industria aeroespacial en México se encuentra en sus primeras etapas de formación. A pesar de su rápido crecimiento, no se cuenta aún con infraestructura madura, las relaciones entre organismos de gobierno, universidades e industria están apenas conformándose y principalmente, el número de certificaciones en calidad, aún no es suficiente en la industria nacional.

Un factor favorecedor es la creación de centros nacionales de apoyo a la industria aeroespacial, ya sea con actividades de investigación y desarrollo o con asesorías en el aspecto empresarial; los principales organismos a nivel nacional son:

- FEMIA (Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial). Su principal objetivo es definir un perfil para la mano de obra que se solicita en la creciente industria, así como generar un plan aeroespacial estratégico nacional.
- COMEA (Consejo Mexicano de Educación Aeroespacial). Formado por instituciones educativas de todo el país, que pretenden unir esfuerzos para formar el capital humano que demanda la industria aeroespacial del país. Cuenta además con un comité asesor conformado por representantes de entidades gubernamentales.
- CEDIA (Centro de Desarrollo de la Industria Aeroespacial). Tiene como objetivo fomentar la competitividad de las empresas en el mercado global. Cuenta con el apoyo de instituciones de gobierno, del sector educativo y la iniciativa privada. Sus principales actividades son: consultoría, entrenamiento y capacitación en herramientas básicas para el logro de las certificaciones del sector.

En resumen, los clúster aeroespaciales crecientes en la República Mexicana son los siguientes:

- Baja California: Gracias al establecimiento de Honeywell, Rockwell Collins y Gulfstream, y de la colaboración de más de 40 empresas, en Baja California está el clúster más fuerte del país en el sector. Baja California, representa el 35% de la industria aeroespacial del país, empleando a más de 11,600 trabajadores,

mismos que son aproximadamente el 50% de la fuerza laboral aeroespacial de todo México. (Secretaría de Economía, 2008)

- Chihuahua: Una de las grandes ventajas del estado de Chihuahua, es su ubicación estratégica al norte del país, cerca del mercado de EUA. Esto ha atraído la atención tanto de las empresas estadounidenses, como de empresarios japoneses interesados en incursionar en el sector.

- Querétaro: El desarrollo de la industria aeroespacial en el estado de Querétaro surge raíz de la llegada de la empresa canadiense Bombardier, y motivado por el impulso del sector, en el norte del país. La llegada de esta empresa ancla al estado, se debió principalmente a las facilidades prestadas por el gobierno, la situación geográfica estratégica y la infraestructura en comunicaciones. El clúster en Querétaro cuenta con la presencia de un centro de investigación instituido por General Electric, para el realizar el diseño de las turbinas que exportan a EUA. Cuenta también con la actual construcción del primer parque industrial especializado en el ramo aeroespacial que existe en el país. Contará con un aeropuerto, el segundo más grande del país, y una universidad que atenderá la demanda del sector, con cursos específicos del sector aeroespacial. Estas decisiones fueron factores claves para que la empresa eligiera ubicarse en el estado, aunado a la competencia recientemente representada por EMBRAER, la compañía brasileña.

- Caso Nuevo León: El factor determinante para que el gobierno del estado comenzara a poner atención al desarrollo de la industria aeroespacial en Nuevo León, fue la decisión de la empresa MD Helicopters para instalarse en su territorio. Entre los aspectos que favorecieron esta decisión, están: la localización estratégica, las redes de distribución y el alto nivel educativo del recurso humano. La importancia de esta empresa como ensambladora final de helicópteros, impacta directamente la formación de una red de proveedores.

En Nuevo León se ha abierto recientemente el CEDIA NL, que en conjunto con la Secretaría de Industria y Comercio de Nuevo León y el ITESM Campus Monterrey buscan asesorar a las empresas de la región en la obtención de las

certificaciones pertinentes. CEDIA NL cuenta con la colaboración del National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program (NADCAP) de Estados Unidos (EU), que son quienes emiten las certificaciones para la industria aeroespacial. Otros organismos formados para impulsar el crecimiento en este sector, son: el Consejo Ciudadano Asesor del Gobierno del Estado para la Industria Aeroespacial, cuyas actividades se centran en la formulación de estrategias para afianzar el avance de la industria, y el COMEA, descrito anteriormente, y que está ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Nuevo León. El primero está conformado por empresarios representantes de compañías trasnacionales del sector, como Honeywell y General Electric, así como por las autoridades directivas del ITESM y de la UANL como instituciones educativas, y del CONACYT, SCT y SEDEC como organismos gubernamentales.

Entre las ventajas para el desarrollo del clúster, Nuevo León cuenta con una red de proveedores muy amplia: equipo eléctrico-electrónico, de maquinados metálicos y de ingeniería de materiales. Además, se está trabajando para aumentar las líneas de especialización de los recursos humanos, con programas educativos para la formación de técnicos y profesionistas en el rubro aeroespacial; el CONALEP, es la institución de educación técnica que ofrece entre sus cursos una carrera técnica en Mantenimiento de Motores y Planeadores y la UANL cuenta ya con un programa de Ingeniería Aeroespacial.

3. Definición del problema

Las pequeñas y medianas empresas de la industria manufacturera nacional tienen grandes áreas de oportunidad para efecto del incremento de su competitividad frente a industrias internacionales. Específicamente dentro del sector aeroespacial, existe una brecha entre la situación competitiva actual de las empresas y los niveles que la cadena de suministros de este sector requiere entre los proveedores que la conforman, de manera que se hacen necesarios los estudios acerca de los factores que le influyen a las PyMEs nacionales y regionales para efecto de su integración y desarrollo en este sector.

La estructura de la empresa puede analizarse desde la perspectiva organizacional, tecnológica y financiera, a fin de encontrar los criterios de desarrollo que determinan el crecimiento de la empresa; respecto al carácter tecnológico, se observa en los análisis anteriores la necesidad de las empresas de conocer sus principales limitantes, la manera en que ´los factores tecnológicos influyen en su desempeño productivo y los planes de acción más adecuados para el avance tecnológico.

Para evaluar si una empresa es candidata a integrarse a la red de proveedores de la industria aeroespacial, es necesario definir primero los factores críticos que debe cumplir, y evaluar luego su desempeño en los mismos. La madurez, la competitividad y el nivel de desarrollo de un proveedor deben definirse a través de modelos genéricos, aplicables de manera iterativa y con el mayor grado de universalidad posible.

3.1. Justificación

Sabiendo que el nivel de madurez o competitividad de un proveedor en desarrollo es, la mayoría de las veces, un concepto subjetivo, se haces necesario establecer métodos cuantitativos para definir con mayor certeza la preparación de un proveedor para que se considere apto para unirse a la cadena de suministros de la industria aeroespacial. El grado en que se percibe esta madurez, depende en mucha medida del avance tecnológico en lo referente a procesos de manufactura. En tanto exista un incremento

continuo del nivel de conocimiento en nuevas tecnologías y procesos especiales de manufactura, técnicas de manufactura y procesos de administración del negocio, se logrará un desarrollo de la empresa desde la perspectiva tecnológica, de aquí la importancia de desarrollar una metodología de diagnóstico de los criterios de carácter tecnológico que influyen directamente en la competitividad de las pymes del estado de Nuevo León para ocupar un lugar en la cadena de suministros de la industria aeroespacial.

Las pequeñas y medianas empresas en México representan un alto porcentaje del total de empleos, y según estadísticas de la Secretaría de Economía, representan un 95% del total de empresas en México (Secretaría de Economía, 2008). El total de empleos favorecidos por las MIPYME en el país, se hace evidente en los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Historia (INEGI) hasta el 2003 (Figura 19):

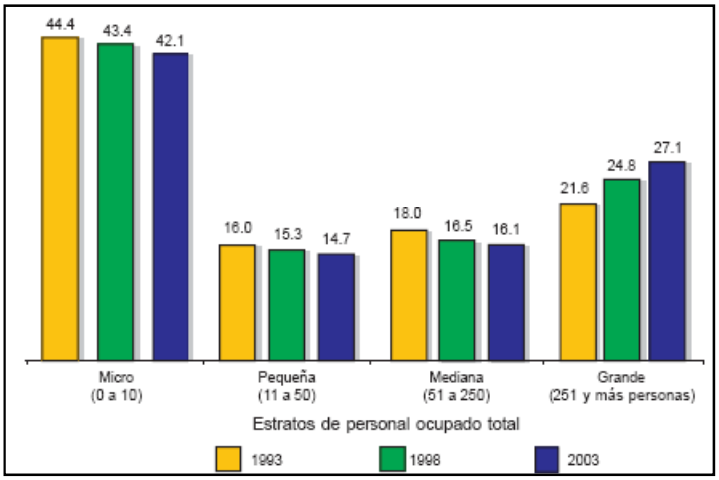


Figura 19. Personal ocupado en las industrias manufactureras, de comercio y de servicios. (INEGI, 2008)

El sector manufacturero es de particular importancia, al representar casi la tercera parte de los indicadores económicos de la industria nacional, como se observa en la gráfica de la Figura 20.

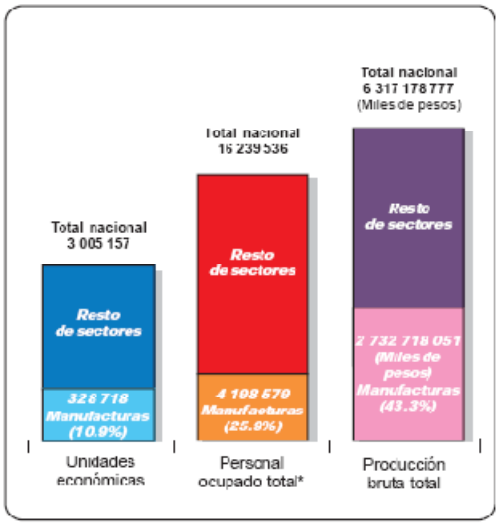


Figura 20. Importancia de las industrias manufactureras en la economía. Censo 2003 (INEGI, 2008)

Cada una de estas pequeñas y medianas empresas tienen un potencial importante para llegar a formar parte de la cadena de suministros de la industria aeroespacial, sin embargo, sus desventajas competitivas frente a los grandes corporativos les impiden ser un eslabón fuerte en la cadena. Por otro lado, es aún reciente la incursión de OEM's del giro aeroespacial en el país, por lo que las empresas carecen de experiencia en el sector y es decisivo iniciar campañas de capacitación y asesoría en manufactura aeroespacial. Aunque se cuenta con diversas investigaciones acerca de las características y capacidades tecnológicas del sector manufacturero nacional, aunado a que el desarrollo de la industria está en etapas tempranas, el acervo de información al respecto requiere ser complementado a la par del crecimiento de la industria, y de ser posible, anticipadamente.

México ha logrado atraer importantes inversiones extranjeras relacionadas con el giro aeroespacial, fomentando el establecimiento de clústers industriales de rápido desarrollo a lo largo de todo el país, lo que ha sido motivo para que otras empresas internacionales lo consideren como candidato factible para instalar nuevas plantas de producción de sistemas y componentes de aeronaves.

El nivel competitivo de las empresas mexicanas deberá acrecentarse mediante la atracción de inversiones, la integración de los sectores de soporte, el desarrollo técnico

y profesional del personal, las certificaciones y normas internacionales, entre otras características, y desde este punto de partida es que se puede avanzar a la formación de un clúster maduro.

3.2. Diagnóstico de la situación competitiva de las PyMEs en el estado de Nuevo León.

3.2.1. Necesidades tecnológicas de las pymes en México

El Centro de Desarrollo de la Industria Aeroespacial (CEDIA) Querétaro, con el apoyo del ITESM Campus Querétaro, realizó en el año 2006 una investigación a empresas aeroespaciales, para determinar los principales servicios tecnológicos que requerían. La muestra sobre la que se llevó a cabo el análisis correspondía a un 50% de las empresas aeroespaciales de manufactura y mantenimiento que existían en el país a finales de ese año, divididas entre la zona centro, la zona de frontera sur y la zona norte del país. Lo más destacable de este estudio es que se definieron algunas de las necesidades tecnológicas de las empresas, insatisfechas en ese entonces, pero que para efecto de esta tesis, es necesario conocer para su posterior análisis y comparación con la situación actual de las empresas en el estado de Nuevo León.

En términos generales, los servicios tecnológicos más requeridos por las empresas se muestran en las Tablas 2 y 3, tanto para los requerimientos en servicios tecnológicos, como respecto a la preparación de los recursos humanos. Para complementar la información, se muestran las gráficas de la Figura 21, con el respectivo porcentaje obtenido en la muestra.

Tabla 2. Servicios tecnológicos más requeridos por las empresas nacionales. (CEDIA, 2006)

Servicios Tecnológicos		Servicios específicos	
Pruebas de laboratorio	80%	Pruebas mecánicas	58%
		Análisis químicos	48%
		Calibración de instrumentos	45%
		Pruebas no destructivas	42%
Capacitación especializada	76%	Habilidades tecnológicas	48%
		Pruebas de laboratorio	24%
		Tecnología aeroespacial	20%
		Manufactura	20%
		Materiales	16%
		Calidad	12%
		Diseño aeroespacial	8%
Asesoría en manufactura	66%	Optimización de procesos	42%
		Manufactura esbelta	40%
		Diseño completo	20%
Información tecnológica	66%	Normatividad en tecnología	46%
		Artículos tecnológicos	36%
		Libros especializados	28%
Asesoría en certificaciones	48%	AS-9100	48%
		ISO 9001	38%
		FAA	16%
		Nadcap	14%
		DGAC	14%

Tabla 3. Indicadores de capacitación de recursos humanos. (CEDIA, 2006)

Indicador		Subindicador	
Deficiencias técnicas	78%	Poca orientación práctica	28%
		Procesos de manufactura	12%
		Máquinas-Herramientas	12%
		Temas aeroespaciales	8%
Deficiencias no técnicas	46%	Administración	12%
		Dominio de idioma inglés	12%
		Liderazgo	10%
		Iniciativa	10%

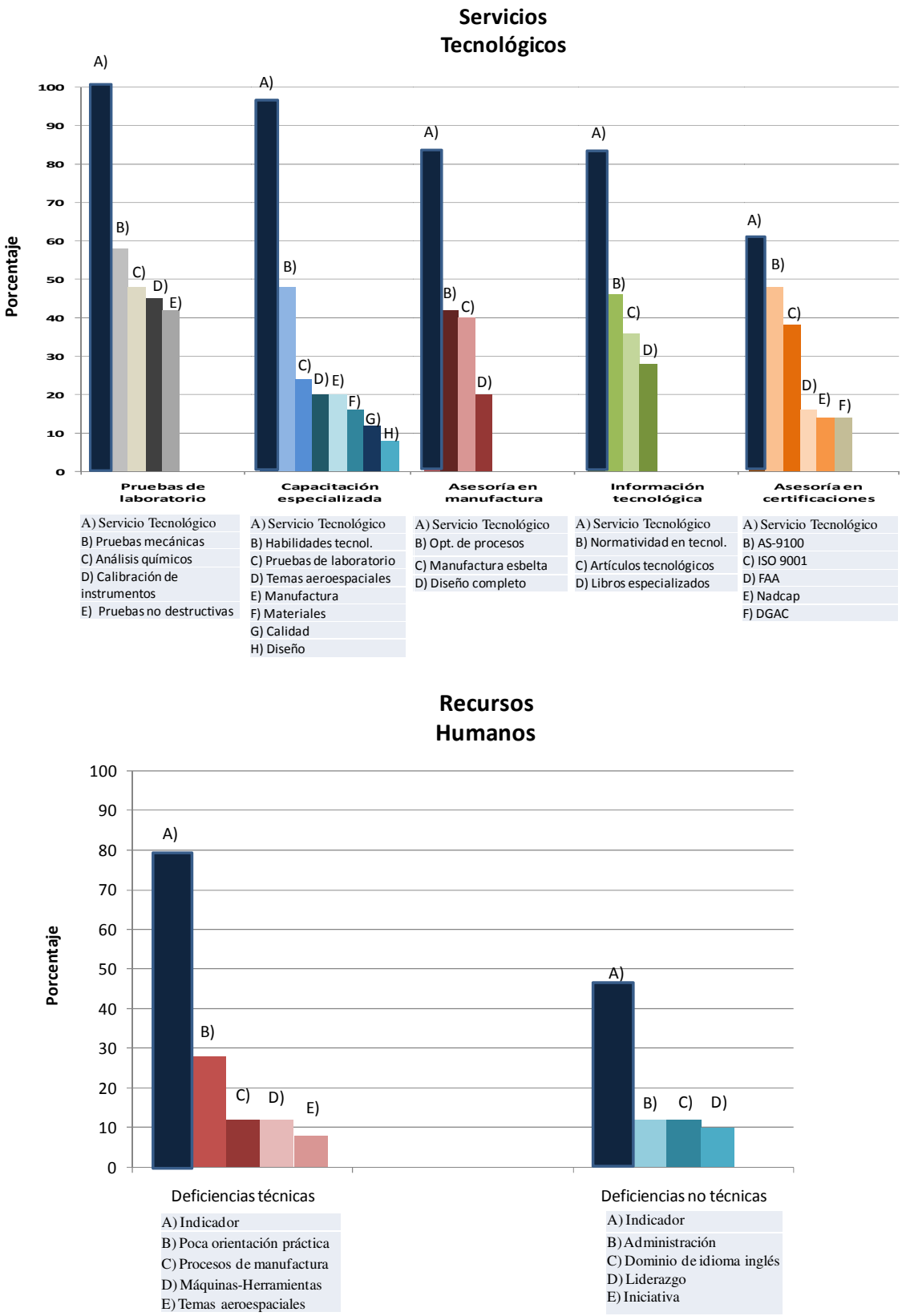


Figura 21. Gráficas de las Necesidades Tecnológicas de las PyMEs

3.2.2. Oportunidades de proveeduría para fortalecer la cadena productiva

La investigación de CEDIA, Querétaro incluyó también los intereses de las empresas sobre las necesidades de proveduría, y los resultados del estudio se muestran en la Tabla 4:

Tabla 4. Oportunidades de Proveeduría. (CEDIA, 2006)

Oportunidades en proveduría		Necesidades específicas en proveduría	
Materiales básicos	28%	Aluminio	14%
		Fibra de vidrio	14%
		Fibra de carbono	14%
		Cerámicos	7.4%
		Cobalto	7.4%
		Titanio	7.4%
		Metal en polvo	7.4%
		Plásticos termoformados	7.4%
		Otros metales	21%
Operaciones y Acabados superficiales	12%	Soldaduras especiales	33%
		Aleaciones	33%
		Platinado	17%
		Anodizado	17%
Procesos y Componentes	10%	Maquinados y procesos	60%
		especiales	20%
		Refacciones	20%
		Cables	
Accesorios	8%	Asientos	50%
		Cubiertas	25%
		General	25%
Materiales auxiliares	8%	Químicos	25%
		Adhesivos	25%
		Abrasivos	25%
		Cera	25%

Como se observa, es mayor la importancia dada a los materiales necesarios en la industria aeroespacial, así como a los procesos y operaciones de acabados superficiales. La gráfica de resultados se muestra en la Figura 22 en la siguiente página.

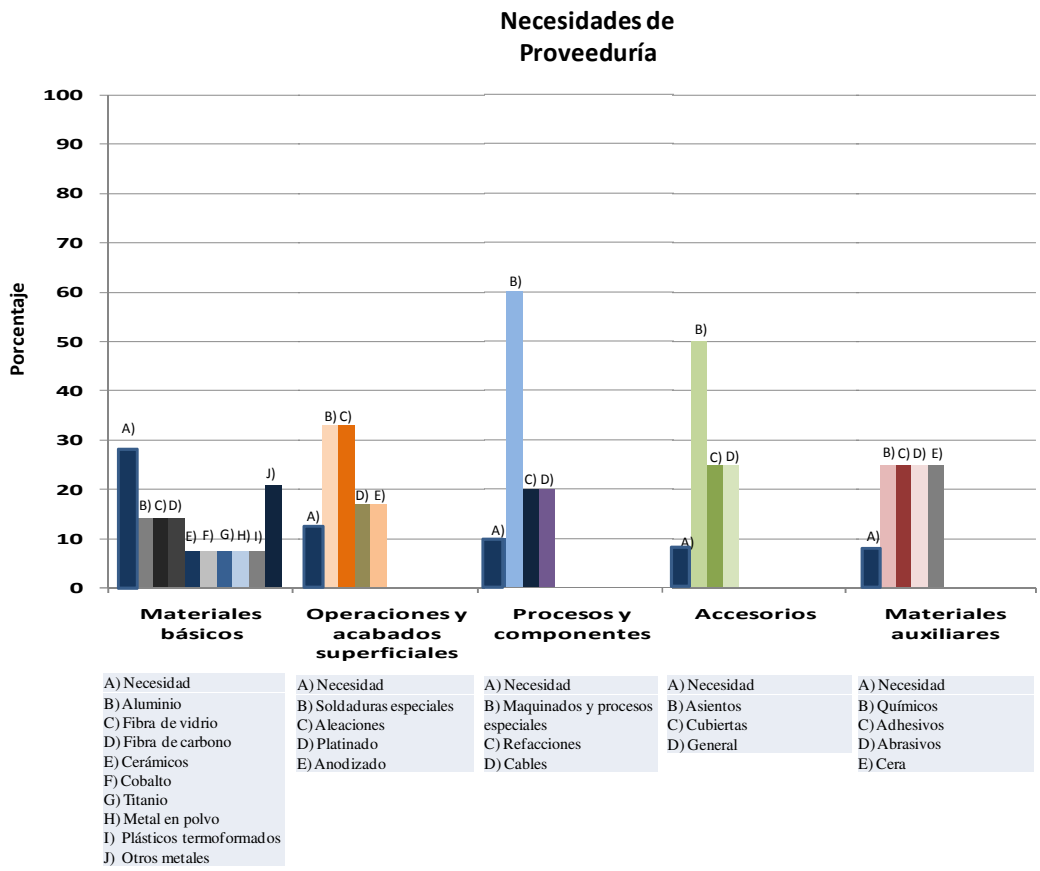


Figura 22. Gráfica de Necesidades de Proveeduría de las PyMEs

3.3. Situación competitiva del estado de Nuevo León

En los siguientes párrafos se analizan los resultados del Índice General de Competitividad Estatal 2008, publicado por el IMCO. Éste índice cuenta con indicadores del año 2007, acerca de las mejores prácticas de cada estado de la República Mexicana para atraer y retener inversiones, y contiene una serie de propuestas para fortalecerlas en ese aspecto. Una de las principales ventajas del mismo es facilitar la comparación de los índices de competitividad de cada estado del país, pero además, la metodología usada se integró a los índices internacionales, por lo que resulta de interés particular observar en perspectiva los mejores desempeños nacionales contra los niveles competitivos de otros países.

Los subíndices que componen el Índice de Competitividad Estatal 2008 buscan medir la capacidad del estado para atraer y retener inversiones; el IMCO propone 10 subíndices, los cuales, se enlistan a continuación:

1. Sistema de derecho confiable y objetivo
2. Manejo sustentable del medio ambiente
3. Sociedad incluyente, preparada y sana
4. Economía estable y dinámica
5. Sistema político estable y funcional
6. Mercados de factores eficientes
7. Sectores precursores de clase mundial
8. Gobiernos eficientes y eficaces
9. Aprovechamiento de las relaciones internacionales
10. Sectores económicos en vigorosa competencia

En lo que compete al estado de Nuevo León, se posiciona dos veces en el primer lugar, tanto en el indicador de Sistema de Derecho Confiable, como en el de Gobiernos Eficientes y Eficaces.

En la Tabla 5 se muestra un resumen de los resultados del Índice de Competitividad Estatal 2008 para conocer la posición del estado en los demás indicadores, así como a las propuestas generadas por el IMCO, con la intención de reconocer las facilidades del estado para atraer nuevas inversiones en la industria, específicamente en el sector manufacturero. Los aspectos analizados en la siguiente tabla son:

- Lugar ocupado a nivel nacional
- Movimiento posicional respecto al Índice de Competitividad Estatal 2006
- Comparación con la posición internacional superior al primer lugar nacional
- Posición ocupada por México a nivel internacional

Tabla 5. Posiciones del estado de Nuevo León por subíndice, ocupadas en el Índice de Competitividad Estatal 2008

Subíndice	Enfoque	Primer Lugar nacional	Posición de Nuevo León 2008	Posición desde el Índice 2006	Comparación internacional		Posición de México en el Índice Internacional
					País	Posición internacional	
Sistema de derecho confiable y objetivo	Ordenado ambiente económico	Nuevo León	1	=	Hungría	21	31
Manejo sustentable del medio ambiente	Conservación del medio ambiente	Aguascalientes	2	=	Bélgica	16	37
Sociedad incluyente, preparada y sana	Calidad del capital humano	Distrito Federal	3	-1	España	21	32
Economía estable y dinámica	Riesgo implícito en la variabilidad de la economía de la entidad	Distrito Federal	11	-4	Chile	19	30
Sistema político estable y funcional	Medidas de estabilidad, participación ciudadana, efectividad de los órganos legislativos y concentración política	Querétaro	11	=	Polonia	24	33
Mercados de factores eficientes	Eficiencia de los principles proveedores de insumos para la producción	Baja California	13	+2	Tailandia	29	43
Sectores precursores de clase mundial	Sectores básicos para crear y desarrollar la economía de una región, como transportes, telecomunicaciones y financiero	Distrito Federal	2	=	Israel	22	34
Gobiernos eficientes y eficaces	Desempeño del gobierno	Nuevo León	1	+5	Portugal	25	32
Aprovechamiento de las relaciones internacionales	Canalización de las relaciones con el exterior	Baja California	5	-1	Australia	13	33
Sectores económicos en vigorosa competencia	Aspectos referentes a la capacidad innovadora y de adaptación a la nueva economía	Distrito Federal	2	=	Alemania	15	31

Los factores de mayor contribución para la mejora en la capacidad de atraer inversiones del estado de Nuevo León, fueron los subíndices en que se obtuvo una posición ventajosa entre los tres primeros lugares nacionales, tales son:

- Ocupando la primera posición:
    - Sistema de derecho confiable y objetivo, arriba de la media nacional en un 41%.
    - Gobiernos eficientes y eficaces, con un 36% de ventaja sobre la media nacional.
- Ocupando la segunda posición:
    - Manejo sustentable del medio ambiente, con un 30% de ventaja sobre el promedio nacional.
    - Sectores precursores de clase mundial, donde resultó tener un 102% por encima de la media nacional.
    - Sectores económicos en vigorosa competencia, con un 155% arriba de la media nacional.
- Ocupando la tercera posición:
    - Sociedad inlcuyente, preparada y sana, colocándose un 40% por encima de la media nacional.

Entre los resultados se tienen también aquellos factores que representan las áreas de oportunidad para la entidad:

- Aprovechamiento de las relaciones internacionales: donde ocupa la quinta posición y está 87% por arriba de la media nacional.
- Economía estable y dinámica, ocupando la posición 11, con un 11% arriba de la media nacional.
- Sistema político estable y funcional: ocupan la posición 11 y resultando en 19% por arriba de la media nacional.
- Mercados de factores eficientes: donde ocupa el lugar 15 y está 0.4% por arriba de la media nacional.

De acuerdo a los datos resultantes, Nuevo León supera a la media nacional en todos los subíndices, a pesar de haber disminuído sus posiciones en algunos de ellos. Y en relación con los resultados de la región del Noreste del país, Nuevo León es el estado que representa la mayor competitividad, sobre Baja California, Chihuahua y Coahuila.

En general, se observa que las condiciones que impulsaron al estado de Nuevo León a ocupar la segunda posición a nivel nacional en el Índice de Competitividad Nacional 2008, son las siguientes:

- tiene los menores cobros por trámites del gobierno,
- es la entidad con la mayor inversión bruta de capital fijo por integrante de la población económicamente activa (PEA),
- recibió cada año un 11% más inversión que el primer y tercer lugar nacional de competitividad estatal, El Distrito Federal y Baja California, respectivamente,
- se contaron el mayor número de empresas certificadas en ISO 9000 por PEA,
- es el segundo estado con mayor productividad laboral.

Después de medir los 10 factores de competitividad y analizar los resultados de las posiciones ocupadas por cada estado, el Índice de Competitividad Estatal 2008 se enfoca en estudiar los programas del gobierno de cada estado que buscan el incremento de la competitividad. Después, se analizan las aspiraciones de cada estado y en base a los resultados obtenidos en los factores de competitividad, se resume una agenda prioritaria de competitividad.

En el caso del estado de Nuevo León, la visión general es proyectarlo como región lider a nivel mundial, con un alto desarrollo económico y oportunidades de empleo y desarrollo para sus habitantes. Para lograr estos objetivos, se persiguen lo que el Índice para la Competitividad 2008 denomina "Apuestas para la Competitividad" y que en fcaso particular de la entidad de Nuevo León, son:

- Mentefactura: formación del capital intelectual en las empresas
- Sistema regional de innovación
- Tecnologías de la información y comunicación
- Tecnoparques del conocimiento

A partir de estos puntos, se desarrolla una Agenda Prioritaria para la Competitividad, entre cuyos proyectos principales figuran: el Desarrollo de Clústers Estratégicos y el Fomento a PYMES tecnológicas.

Para el desarrollo de los clústers estratégicos en particular, se crearon varios consejos integrados por directivos de empresas líderes en el estado, autoridades universitarias y representantes del gobierno estatal. Las industrias en que se enfocarán los apoyos y los intereses son: automotriz, aeroespacial, agroalimentario, software, electrodomésticos, servicios médicos y biotecnología. Cada consejo tiene sus propios proyectos estratégicos, y en el caso de la industria aeroespacial, el Consejo Directivo de la Industria Aeroespacial ha trabajado para crear tanto centros de investigación y desarrollo, como carreras profesionales y técnicas en el área.

4. Desarrollo del Modelo Propuesto

4.1. Perspectiva tecnológica del modelo

Un análisis a partir de las tres perspectivas: organizacional, tecnológica y financiera, permite hacer tanto un diagnóstico sobre las áreas de mejora en la empresa, como una serie de propuestas para incrementar la competitividad en la misma. El trabajo de Rodríguez (2006) se basa en esta premisa, y a partir de ésta es que define algunos lineamientos que le impiden a las PYMES mexicanas del sector manufacturero del ramo metalmecánico integrarse a la cadena de suministros de la industria aeroespacial; se citan en el mismo trabajo:

- Causas de carácter organizacional: en relación con los sistemas de gestión de la calidad y la mejora del servicio al cliente.
- Causas de carácter tecnológico: relacionadas con las tecnologías de manufactura y las técnicas de fabricación.
- Causas de carácter financiero: relacionadas con financiamientos, costos de desarrollo y capital de trabajo.

En la Figura 23 se sugiere un camino para lograr la integración de una empresa a la cadena de suministros de la industria aeroespacial, a través del análisis de sus áreas de oportunidad desde las tres perspectivas. La secuencia de este modelo, implica adecuar la cadena de valor particular de la empresa, es decir, ubicar cada departamento de la misma, con las actividades de valor primarias y de apoyo que le conciernen. Luego procede el análisis de la estructura socioeconómica para identificar aquellos factores que representen las mayores áreas de oportunidad para alcanzar la competitividad de la empresa. Finalmente, es necesario identificar las herramientas y conceptos adecuados para cubrir los puntos débiles de la empresa a fin de prepararla como futuro proveedor del sector aeroespacial.

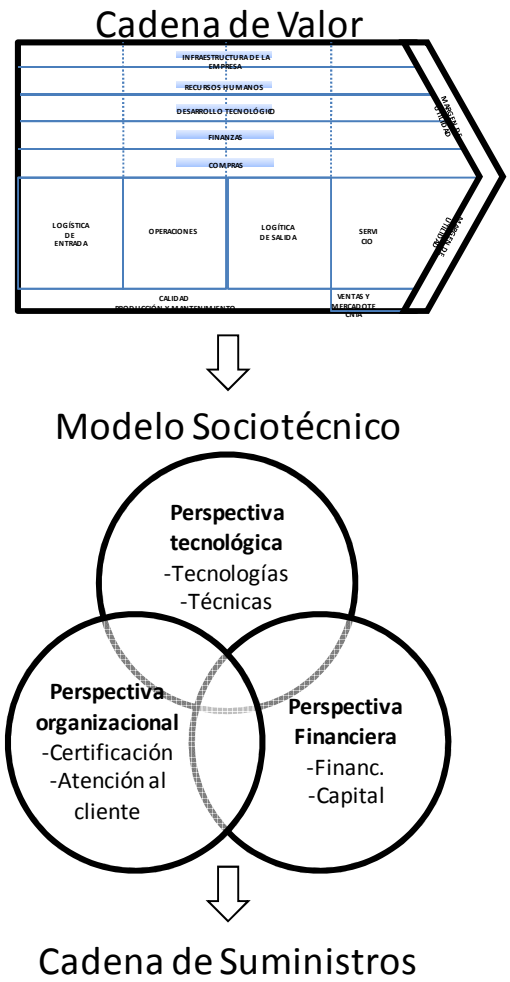


Figura 23. Integración a la cadena de suministros aeroespacial desde la perspectiva tecnológica.

4.2. Indicadores de desempeño

4.2.1. Indicadores de Avance Tecnológico

Por ser un sector de alta tecnología, la industria aeroespacial demanda en sus procesos características muy particulares, entre las que destacan:

- certificaciones muy estrictas de los organismos internacionales correspondientes
- empleos con un alto nivel de preparación técnica
- manufactura de procesos que involucran mecánica de precisión, manejo de tratamiento de materiales como superaleaciones, etc.

A través de la investigación sobre las particularidades de la industria aeroespacial, se definen dos puntos críticos para el desarrollo de la misma en el aspecto tecnológico. El primero corresponde a las técnicas y procesos de manufactura que se diferencian de otros sectores industriales en el manejo de materiales no convencionales y procesos especiales. El segundo criterio de avance tecnológico es precisamente, la práctica y preparación en las más avanzadas tecnologías de manufactura, denominadas en el ambiente empresarial, como Manufactura de Clase Mundial. Ambos criterios conforman el soporte tecnológico de la infraestructura sobre la que está fincada la industria aeroespacial.

Básicamente, las tecnologías de manufactura serán los conocimientos científicos y tecnológicos para evaluar y optimizar proyectos en todos los departamentos de la empresa, así como para mejorar todas las técnicas de manufactura, que se refieren a la aplicación de los conocimientos y habilidades técnicas en materiales y procesos de fabricación.

- Tecnologías de manufactura

En el contexto industrial, se denomina tecnologías de manufactura a las estrategias que generan la integración de funciones de los diversos departamentos de la empresa, y generalmente hacen referencia a sistemas automatizados para optimizar la producción, mejorar la eficiencia, la eficacia, productividad y en general, la competitividad y calidad de los productos o servicios finales del sistema.

Existe una amplia referencia a tecnologías de manufactura usadas con éxito por sectores industriales maduros, tal cual es el automotriz. Entre estas referencias se encuentran:

  - Tecnologías para la manufactura avanzada

Existen numerosas definiciones para las Tecnologías Avanzadas de Manufactura (TMA), una de las más reconocidas es dada por el Dr. A. M. Youssef, en la que se refiere a estas como un grupo de tecnologías basadas en software y hardware, que correctamente implemantado, monitoreado y evaluado puede derivar en un incremento de la efectividad para la empresa (Youssef, 1992). Sin embargo, otros investigadores mencionan la importancia de las tecnologías relacionadas también con la manufactura,

pero que prescinden del uso de una computadora (Boyer, Leongb, Ward, & Krajewski, 1997).

En los estudios de Small y Chen se definen estas tecnologías como aquellas que brindan un beneficio cuantificable que llega a ser una ventaja competitiva sobre los sistemas de producción usados anteriormente; como herramienta sirven de apoyo a la activación de mejores procesos, logrando el desarrollo de las empresas, su permanencia en el mercado y el aumento de competitividad (Small & Chen, 1997).

En la Tabla 6 se detalla una clasificación de las principales prácticas de TMA, encontrando que la diferenciación está dada por la interacción del sistema con su entorno y la comunicación que exista con otros sistemas.

Tabla 6. Clasificación de las TMA

Sistemas aislados	Tecnologías de diseño e ingeniería	Diseño asistido por computadora
		Planeación de procesos asistido por computadora
	Tecnologías de fabricación, maquinado y ensamblado	Máquinas NC, CNC y DNC
		Materiales que trabajan por láser
		Robots manipuladores
		Otros robots
Sistemas intermedios	Tecnologías automáticas para manejo de materiales	Sistemas de recepción y almacenamiento automático
		Sistemas automáticos de manejo de materiales
	Sistemas automáticos de inspección y prueba	Equipo de inspección y prueba automáticos
Sistemas integrados	Tecnologías de manufactura flexible	Células y sistemas de manufactura flexible
	Sistemas de manufactura integrados por computadora	Manufactura integrada por computadora
	Sistemas logísticos	Justo a tiempo
		Planeación y requerimiento de materiales
		Planeación de recursos de manufactura

- Tecnologías de Manufactura de Clase Mundial (MCM)

Las tecnologías de “Manufactura de Clase Mundial” actualmente se agrupan bajo el concepto de “Lean Manufacturing”, y su premisa principal es la eliminación de las actividades que no generan valor en la empresa, eliminando los desperdicios ya sea en

tiempo, materiales y habilidades de los trabajadores. Se reconoce que estas prácticas están basadas en el Sistema de Producción Toyota (SPT), que las introdujo de manera innovadora en el mercado automotriz a inicio de la década de los 80's. (Schonberger, 1989)

Para el desarrollo del modelo de la presente tesis, se consideran las teorías de (Schonberger, 1989) y el Modelo para Empresas MCM de la empresa de servicios de consultoría y educación Turning Group Consulting (Turning, 2008), a partir de las cuales se obtienen las siguientes herramientas y técnicas que apoyan el desarrollo de una empresa de Manufactura de Clase Mundial (Figura 24):

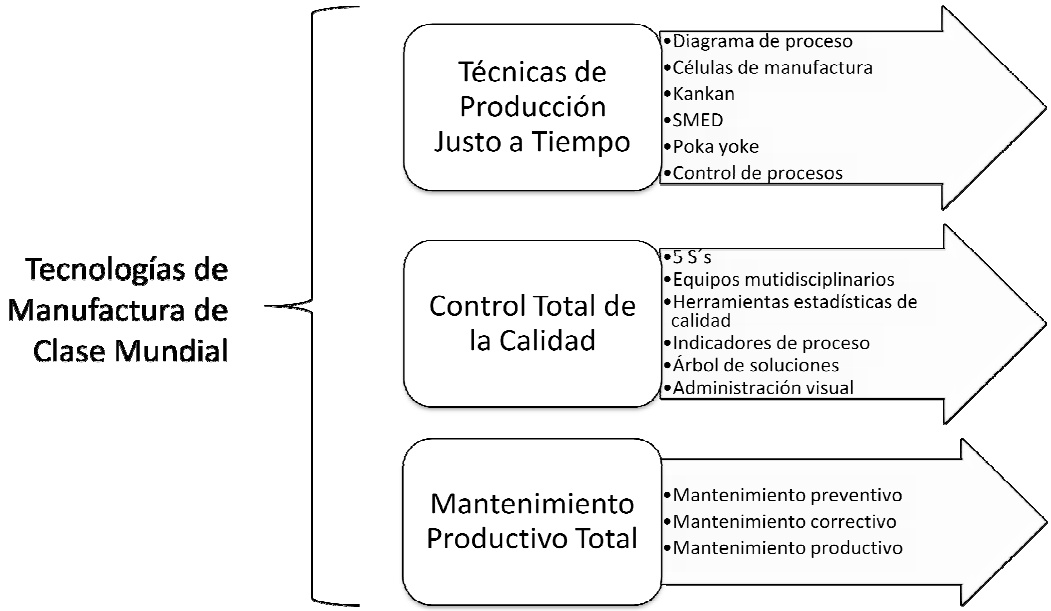


Figura 24. Técnologías de Manufactura de Clase Mundial

- Técnicas y procesos de manufactura

El conocimiento de las técnicas de manufactura y los procesos de fabricación referentes a una industria en particular, en este caso, el sector aeroespacial se enfoca en la influencia de los materiales y el diseño en la elaboración del producto final. Las técnicas de manufactura serán aquellas utilizadas en la transformación de materias primas en artículos de consumo final.

Es importante destacar que la dificultad técnica en esta industria, para efectos de fabricación y control de producción, reside en la diferenciación de los materiales y procesos utilizados respecto a los demás sectores industriales.

- Materiales en la industria aeroespacial:

Los materiales utilizados para la construcción de aeronaves, aeromotores y equipos de vuelo, incluyendo los instrumentos de a bordo y los equipos de comunicaciones tienen cualidades muy particulares; entre las más solicitadas por la actual industria aeroespacial se encuentran: resistencia, baja densidad, rigidez, homogeneidad satisfactoria, correcta mecanización, buena conductibilidad, débil fragilidad, templabilidad, tenacidad, resistencia a temperaturas extremas, a la abrasión, al desgaste, a la corrosión y sensibilidad al efecto de entalladura.

El aluminio es el material más usado en el fuselaje de aviones, pero actualmente se ha optado por utilizar el titanio y los materiales compuestos, pues éstos permiten reducir el peso del avión y por consiguiente, el consumo de combustible.

Los materiales aeroespaciales más usados para la fabricación tanto de las estructuras del avión como de las turbinas son, además de las aleaciones de base níquel y base titanio: aceros inoxidables, polímeros, aleaciones de aluminio y materiales compuestos, que destacan por el incremento en su uso desde los primeros modelos fabricados hace 100 años, como se observa en la Figura 25

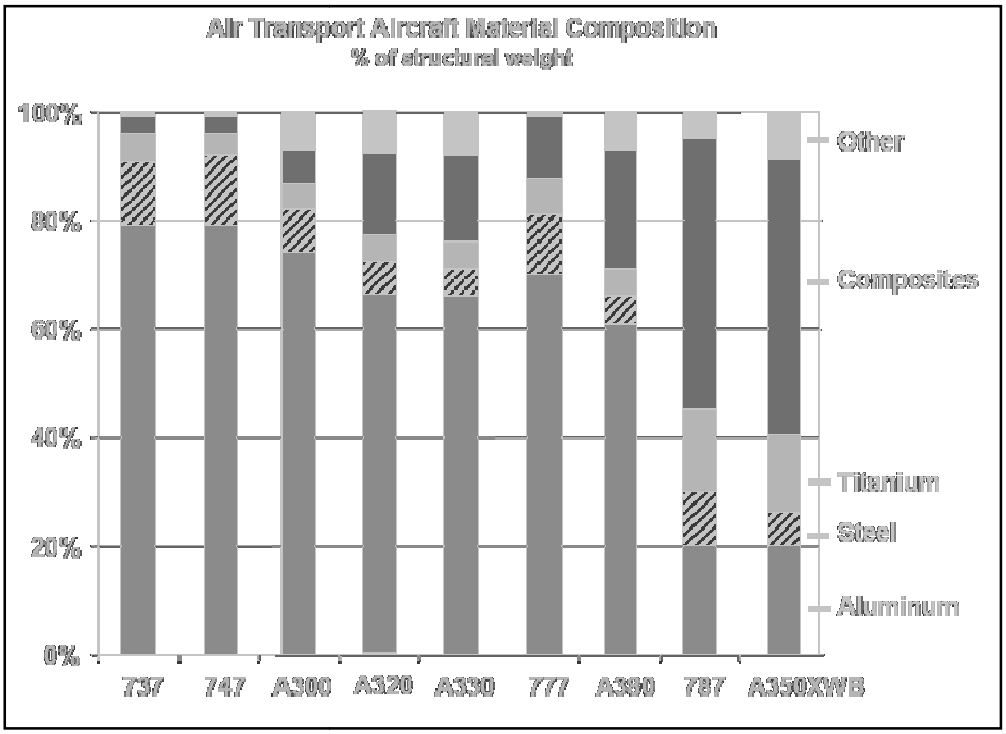


Figura 25. Introducción de materiales compuestos en sus componentes de aviones. Tomado de (Bouche, Reyes, & Ramírez, 2007)

Al mismo que los materiales en la industria aeroespacial cambian, lo hacen también las herramientas y los procesos utilizados para su transformación. Actualmente, las especificaciones de confiabilidad de los materiales exigen controles específicos, ensayos especiales, selecciones unitarias, siempre en la búsqueda de la menor tasa de fallo posible.

- Procesos especiales

Los procesos especiales se definen como aquellos procesos de manufactura que requieren aprobaciones especiales por parte de los clientes finales, debido a sus características, por ejemplo:

- Procesos Químicos (Anodizado, Pasivado, Cromado, etc),
- Tratamientos Térmicos
- Inspección No Destructiva
- Procesos de soldadura compleja
- Extrusión

En estos procesos específicos todos los parámetros de fabricación se diseñan y controlan con la mayor precisión y cuidado, pues el control de calidad de la industria aeroespacial así lo requiere. Los ensayos de tensión, ensayos de termofluencia, de resistencia a carga y temperatura, las evaluaciones microestructurales y los ensayos de fatiga son procesos de evaluación que deberán efectuarse para corroborar que el material cumple con los requerimientos indicados. Incluso después, es necesario realizar inspecciones por ultrasonido para tener la seguridad de que no hay defectos por microfisuras que arriesguen la seguridad del vuelo.

4.2.2. Factores de Avance Tecnológico

Se ha mencionado anteriormente que los factores de producción críticos para la industria aeroespacial, corresponden al entendimiento de que el modelo de negocio es de bajo volumen de piezas, alta variabilidad de clases de productos y un estricto control de calidad.

Para realizar un estudio cuantitativo del avance tecnológico en una empresa, es necesario definir primero los factores que le influyen. En base a las premisas de los modelos estudiados en los capítulos anteriores, es posible determinar un conjunto de factores decisivos para el desarrollo tecnológico.

De acuerdo con el Informe de Competitividad Global (Figura 26), los factores que influyen en la Infraestructura Tecnológica son:

- Patentes per Cápita
- Disponibilidad de científicos e ingenieros
- Centros de investigación científica
- Relaciones universidad / industria

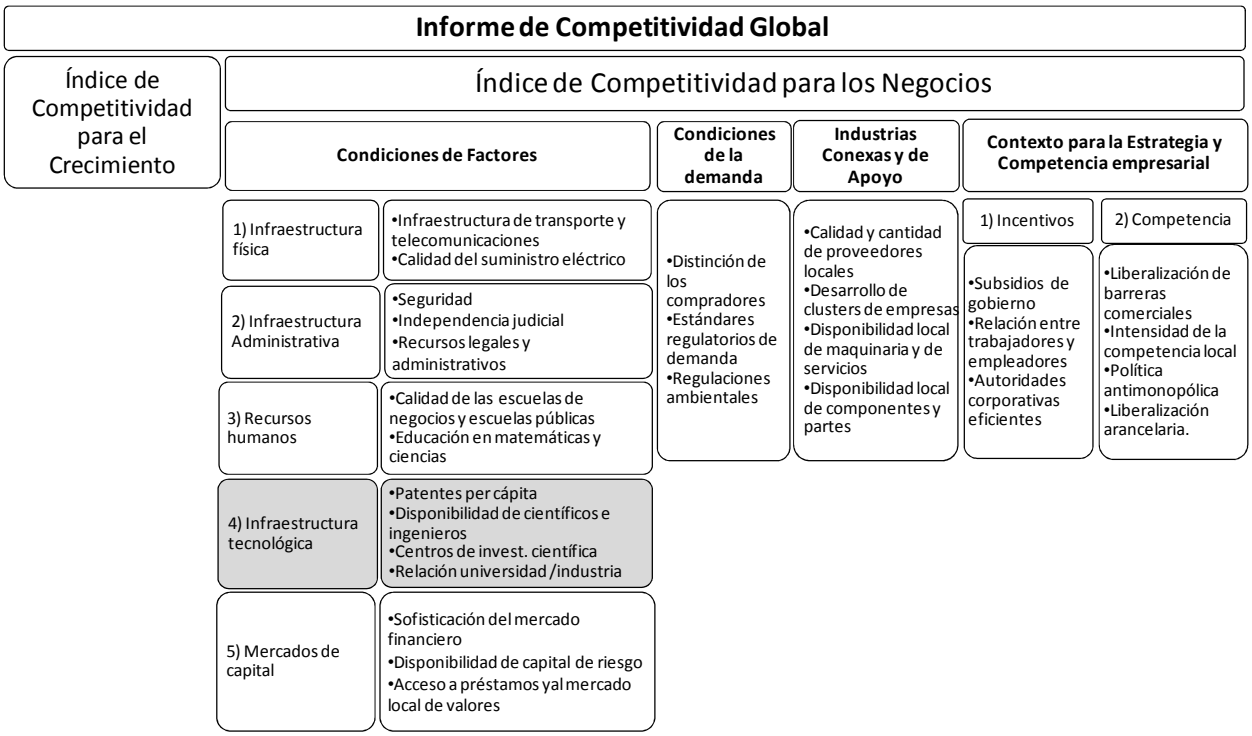


Figura 26. Factores de Competitividad. Adaptado de Porter (2003)

Se observa la importancia de la Infraestructura Tecnológica como un factor determinante del Índice de Competitividad para los Negocios. Las cuatro condiciones de los factores se agrupan de la misma manera que las Actividades de Apoyo de la cadena de valor de Porter, respaldando a las actividades primarias que intervienen en la creación física del producto, en su venta y transferencia al cliente, así como en la asistencia posterior a la venta.

Continuando con el análisis de los modelos de desarrollo, en el diagrama de los tres pilares para la industria aeroespacial mostrado en la Figura 9, el pilar correspondiente a Educación Aeroespacial, hace mención a:

- Programas y grados de estudio de preparación técnica y tecnológica del recurso humano
- Requerimiento de técnicos e ingenieros entrenados en manufactura, ingeniería y diseño y mantenimiento de aviones.

Finalmente, el otro modelo estudiado, correspondiente al Marco de análisis de recomendaciones para el sector automotriz de A.T. Kearney (Fig 9), incluye entre los factores para la competitividad en desarrollo tecnológico, los siguientes:

- la productividad del personal profesional técnico,
- la cooperación para el desarrollo de la tecnología entre las instituciones educativas y la industria,
- el apoyo gubernamental a proyectos de tecnología y
- la disponibilidad de mano de obra capacitada en ciencias de ingeniería y labores tecnológicas.

Tomando como base las propuestas de cada uno de estos modelos, se proponen dos indicadores para medir el avance tecnológico de una empresa, entendiéndolo posible a través del incremento de la capacidad y el conocimiento en la implementación de las técnicas y las tecnologías de manufactura adecuadas para la industria aeroespacial:

- capacitación académica y técnica
- capacitación y actualización tecnológica

Las pautas de diferenciación entre los dos indicadores corresponden a las aplicaciones de la técnica y la tecnología: la primera se trata de un conocimiento más bien empírico, basado en la experiencia directa de las personas en habilidades aplicadas, mientras que la segunda utiliza tanto métodos científicos como experimentales para la resolución de algún problema o necesidad humana. En concreto, la tecnología es la aplicación práctica de conocimientos científicos y académicos en conjunto con las habilidades prácticas o técnicas; de aquí la decisión de dividir los indicadores de modo que la capacitación tecnológica se apoye de la capacitación académica y técnica.

- Capacitación académica y técnica

Debido a la especialización de los procesos, es inminente que el sector aeroespacial requiere cada vez más de recursos humanos capacitados de manera específica: ingenieros, científicos, diseñadores y personal técnico de todos los niveles.

La ingeniería aeroespacial presta atención en la integración de todos los componentes que constituyen un vehículo aeronáutico, estudia la aplicación de la tecnología al diseño y la manufactura de aeronaves, su ciclo de vida (diseño, temperatura, presión, radiación, velocidad, y vida útil) y la integración de los elementos motores (alternativos, turbofanes, turborreactores y turboejes).

El ingeniero aeroespacial se encarga de calcular, diseñar, proyectar, optimizar y modificar equipos y sistemas mecánicos utilizados por la industria aeronáutica y espacial, incluidos sus procesos de producción o manufactura, además de evaluar, planificar, dirigir, optimizar y ejecutar proyectos de ingeniería en un contexto multidisciplinario. Deberá aplicar sus conocimientos en: materiales, diseño estructural, procesos de manufactura, aerodinámica, electrónica, control de calidad de procesos y productos altamente especializados. Sus áreas de trabajo se extienden también a la construcción de aeropuertos, diseño y operación de redes de transporte aeroespacial y fabricación de equipos y materiales especiales.

En cuanto a la capacitación técnica, las habilidades más valoradas en el sector son las correspondientes a operaciones avanzadas de maquinado, fábrica de piezas para motores y unidades de potencia auxiliar.

Un análisis de los planes de estudio de universidades y escuelas técnicas que ofrecen carreras en el sector aeroespacial da cuenta de los temas y habilidades que deben formar parte del capital intelectual de esta industria, como se muestra en la Tabla 7.

Por otro lado, de acuerdo con los estudios realizados por CEDIA, Querétaro, y como se analizó en el capítulo 3 de la presente tesis, las PYMES mexicanas en el sector aeroespacial tienen, en mayor o menor grado, las necesidades de capacitación académica y técnica mostradas en la Tabla 8.

Tabla 7. Carreras profesionales y técnicas en sector aeroespacial

Estado	Institución	Carrera Profesional o Técnica	Temas de enfoque
Cd. México	Instituto Politécnico Nacional	Ing. Aeronáutica Administración Aeroportuaria	Estructuras, motores, operaciones de aeropuertos, diseño y mantenimiento de aeronaves.
Cd. México	Universidad Autónoma de México	Supercomputadoras Centros de instrumentación avanzada	
Nuevo León	Universidad Autónoma de Nuevo León	Ing. Aeronáutica	Materiales, diseño de estructuras, procesos de manufactura
Querétaro	ITESM	Ing. Aeronáutica	Sistemas de manufactura Aseguramiento de la calidad.
Nuevo León	CONALEP, N.L.	Técnico en mantenimiento de aeronaves	
Baja California	CETYS Universidad	Maestría en Ingeniería Aeroespacial	Modelado, análisis y diseño de productos aeroespaciales y diseño de los procesos de fabricación
Cd. México	Universidad Autónoma Metropolitana	Turbinas	
Querétaro	Universidad Tecnológica de Querétaro	Formación de técnicos e ingenieros en el sector aeronáutico.	
Chihuahua	Universidad Autónoma de Chihuahua	Ingeniería Aeroespacial	Fabricación y ensamble de mecanismos utilizados en la aeronáutica.
	Centro de Desarrollo para Preparación de Técnicos de Manejo de Alta Tecnología		
Puebla	Fundación Universidad de las Américas Puebla	Ingeniería Mecánica con especialización en Ingeniería Aeroespacial	

Tabla 8. Necesidades de las PyMEs en Capacitación Académica y Técnica

Servicios Tecnológicos	Servicios específicos
Capacitación especializada	Pruebas de laboratorio Tecnología aeroespacial Manufactura Materiales Calidad Diseño aeroespacial
Asesoría en certificaciones	AS-9100 ISO 9001 FAA Nadcap DGAC
Capacitación técnica	Procesos de manufactura Máquinas-Herramientas

- Capacitación y actualización tecnológica

Este indicador hace referencia a la capacidad para desarrollar, mantener y mejorar las tecnologías de aplicación en el ámbito aeroespacial; realizar ensayos, análisis y todo tipo de pruebas y trabajos experimentales para comprobar, homologar y certificar materiales, componentes, equipos, subsistemas y sistemas de aplicación en su campo de actividad (Tabla 9).

Tabla 9. Servicios Tecnológicos Requeridos por las PyMEs nacionales

Servicios Tecnológicos	Servicios específicos
Pruebas de laboratorio	Pruebas mecánicas Análisis químicos
	Calibración de instrumentos Pruebas no destructivas
Capacitación especializada	Habilidades tecnológicas Pruebas de laboratorio Manufactura
Asesoría en manufactura	Optimización de procesos Manufactura esbelta Diseño completo
Información tecnológica	Normatividad en tecnología Artículos tecnológicos

4.3. Impacto del aspecto tecnológico en la competitividad de las empresas

Una vez definidos los indicadores de desempeño para la competitividad de la empresa, tanto en indicadores de avance tecnológico como en factores de avance tecnológico, la perspectiva tecnológica del modelo sociotécnico queda representada de la siguiente manera (Figura 27):

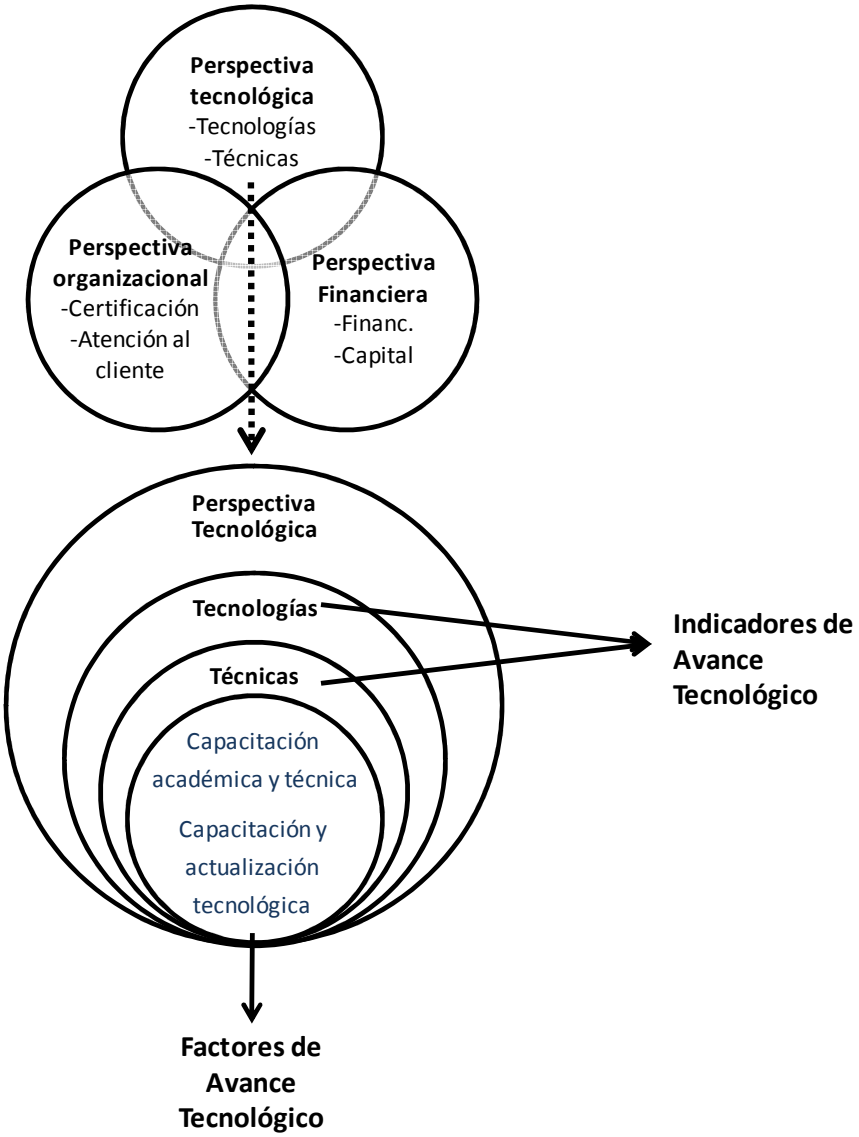


Figura 27. Indicadores de Desempeño Tecnológico

En el diagrama anterior se explica cómo la perspectiva tecnológica contiene dos diferentes indicadores de avance tecnológico: las tecnologías de manufactura, entendidas como las estrategias para la integración de la cadena de valor, y las técnicas de manufactura, siendo éstas de apoyo para las primeras, en tanto que permiten la transformación de los insumos básicos en producto final. Además, cada uno de estos dos criterios de carácter tecnológico se enfoca en temas particulares de la industria aeroespacial, como se representa a continuación (Figura 28):

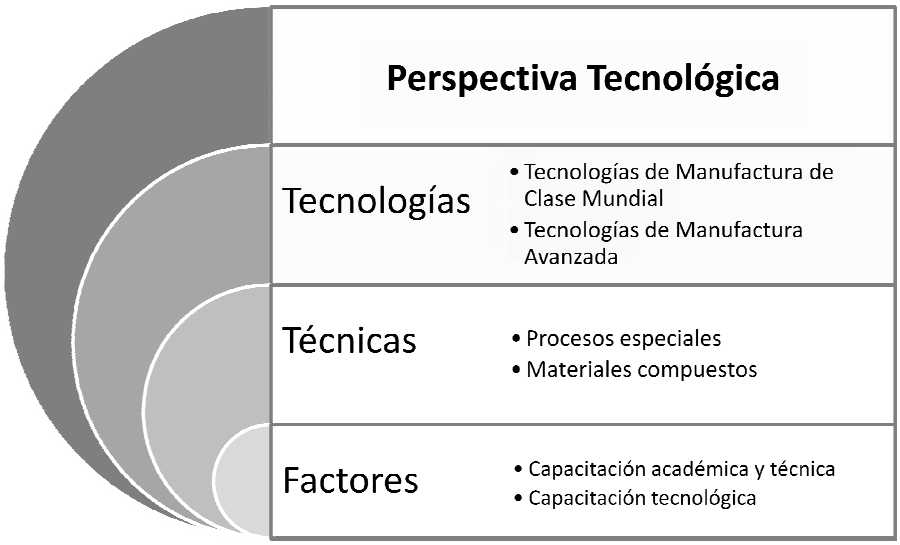


Figura 28. Indicadores específicos de desempeño tecnológico de la industria aeroespacial

Las tecnologías de manufactura se enfocan en el tema de tecnologías de Manufactura de Clase Mundial, y las técnicas de manufactura abarcan los temas de procesos especiales y materiales compuestos. Ambos criterios dependen de tres factores principales, que son: la capacitación académica y técnica, la capacitación en temas de tecnología y la capacidad de inversión en tecnología.

4.4. Modelo de diagnóstico de los criterios tecnológicos de las PYMES para su integración y desarrollo en la cadena de suministros de la industria aeroespacial en el estado de Nuevo León.

En el presente capítulo se propone un modelo de diagnóstico del nivel de cumplimiento de las pequeñas y medianas empresas en los criterios tecnológicos que influyen en el desempeño de las mismas para su integración en la cadena de suministros de la industria aeroespacial.

El estudio de este modelo se divide en tres partes (Figura 29):

- Análisis de la cadena de valor, donde se identifican las principales tecnologías que participan en las actividades de valor de la empresa.

- Diagnóstico de los criterios de carácter tecnológico. En esta parte ha sido necesario primero definir los criterios, como indicadores de avance tecnológico y factores tecnológicos, que afectan la correspondiente perspectiva empresarial; una vez realizado esto, se localizaron las herramientas y fundamentos adecuados para evaluar el nivel de cumplimiento de la empresa en los conceptos importantes del aspecto tecnológico y en base a esto, proponer planes de acción para la mejora continua de la misma.

- Integración a la cadena de suministros; luego de identificar los factores, evaluar y proponer mejoras, la integración a la cadena de suministros se considera mediante el análisis de los productos y servicios aeroespaciales principales, y cuál es el que corresponde al giro industrial de la empresa en estudio.

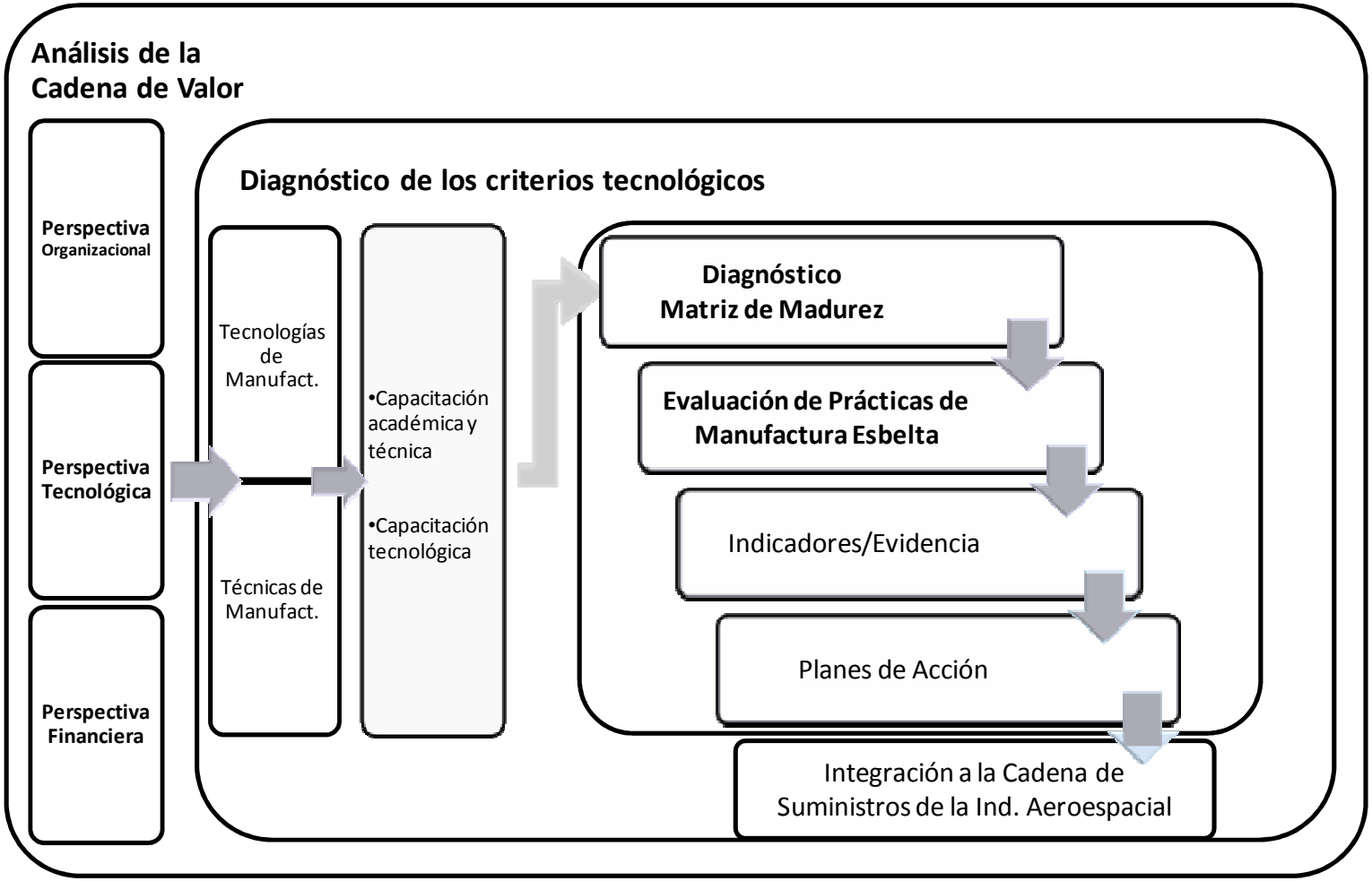


Figura 29. Modelo de diagnóstico de los criterios de carácter tecnológico de las PYMES para su integración y desarrollo en la cadena de suministros de la industria aeroespacial

4.4.1. Análisis de la cadena de valor

A lo largo de esta investigación se ha hecho énfasis en la importancia del desarrollo tecnológico en las empresas que pretendan incursionar en el sector aeroespacial. Se ha enmarcado el desempeño de la empresa, desde una perspectiva organizacional, tecnológica y financiera, teniendo que adaptarse la misma a los cambios repentinos que puedan surgir; esta adaptación viene luego de un estudio y análisis de los factores que interactúan en el ambiente organizacional y que influyen en cada una de las tres perspectivas.

La empresa es dividida en seis diferentes áreas, que abarcan toda la cadena de valor genérica sugerida por Porter, para efecto de adecuar la información al modelo propuesto:

- Compras
- Ventas y Mercadotecnia
- Finanzas
- Recursos Humanos
- Calidad
- Producción y Mantenimiento

En cada una de estas áreas se aplica un cuestionario, que en el contexto de CEDIA NL fue aplicado en una serie de visitas profesionales a empresas interesadas en los servicios del centro, para la evaluación de sus prácticas y actividades como potenciales proveedores de la industria aeroespacial en el estado de Nuevo León. Por esta razón las respuestas en cada caso son tratadas en un ámbito de confidencialidad y no se publican como apéndice en este proyecto de Tesis.

El objetivo del cuestionario aplicado es identificar cuáles prácticas y herramientas tecnológicas se utilizan en la empresa, y cuál es el nivel de conocimiento que se tiene de cada una de ellas, por ejemplo, las preguntas que se muestran en la Tabla 10:

Tabla 10. Preguntas para el análisis tecnológico de la cadena de valor de la empresa

Preguntas de diagnóstico	Recursos Humanos	Tiempo anual por empleado dedicado a capacitación/educación continua Total de empleados y nivel académico de los mismos Nivel educativo, experiencia y habilidades de operarios y técnicos
	Compras	Principales materiales, componentes y herramental utilizado Servicios/Productos subcontratados Certificaciones exigidas a los proveedores Métricos de evaluación de proveedores
	Ventas y Merc.	Sectores de mercado a los que se dirigen los productos Prácticas, herramientas y software utilizados en el proceso de Obtención del compromiso del cliente Prácticas, herramientas y software utilizados en el proceso de Servicio al cliente Sistemas de bases de datos utilizados en el proceso de Obtención del compromiso del cliente Sistemas de bases de datos utilizados en el proceso de Servicio al cliente
	Producción y Mantto.	Tipo de producción a que pertenecen los diferentes productos elaborados Indicadores de productividad monitoreados Estrategias de productividad implementadas Principios de manufactura esbelta aplicados en la empresa Prácticas, herramientas y software utilizados en el proceso de Cumplimiento de órdenes Prácticas, herramientas y software utilizados en el proceso de Desarrollo de productos Prácticas y herramientas de aplicación general Procesos de manufactura más importantes para el negocio
	Calidad	Indicadores de Control de Calidad monitoreados Procesos de mejora continua implementados Prácticas y Certificaciones de Calidad implementadas

Las respuestas que dé cada empresa a estas preguntas darán una pauta para conocer el grado de capacitación que tienen en el uso de prácticas y herramientas tecnológicas.

4.4.2. Diagnóstico de los criterios de carácter tecnológico

Ha sido determinante para la alineación del tema de estudio, identificar las características más destacables en esta cadena de suministros, y definir cuáles son los criterios de carácter tecnológico en los cuales deben enfocarse las subsecuentes líneas de acción. Estos criterios o indicadores se dividieron en dos grandes temas: tecnologías de manufactura y técnicas de manufactura, cuyo enfoque corresponde al conocimiento y aplicación de las principales herramientas de manufactura mundial, y a las habilidades y

conocimiento técnicos de los procesos especiales y materiales compuestos en la industria, respectivamente.

Luego de un estudio acerca de las principales tecnologías y técnicas de manufactura usadas en la industria aeroespacial, se destacan aquellas fundamentales del sector, y que son al mismo tiempo, las que diferencian las actividades de esta industria y marcan las pautas para la integración de una empresa al sector. Se hace referencia principalmente a las tecnologías de Manufactura de Clase Mundial y a las habilidades técnicas en procesos especiales y materiales no convencionales.

Estos son los criterios de carácter tecnológico que es necesario evaluar en cada uno de los potenciales integrantes de la cadena de suministros aeroespacial. Para llevar a cabo esta evaluación ha sido necesario definir los factores de avance tecnológico: aquellos que influyen directamente en el desarrollo tecnológico. De acuerdo con diferentes investigaciones del sector aeroespacial en el país, se observan los siguientes factores, destacando por su influencia y relación directa con el desarrollo tecnológico tanto en el sector aeroespacial, como en cualquier sector industrial:

- Capacitación académica y técnica
- Capacitación y actualización tecnológica

Estos factores son medibles a través de las respuestas que cada empresa dé a las preguntas de diagnóstico, que pretenden conocer el estado actual de los diferentes departamentos de la empresa en cuanto al aspecto tecnológico. Para esto, las preguntas se dividen en cuatro secciones, que corresponden a las combinaciones de los criterios y factores tecnológicos definidos anteriormente. El diseño para la aplicación de las preguntas de diagnóstico se muestra en la Tabla 11:

Tabla 11. Preguntas agrupadas por indicadores tecnológicos.

		Indicadores Tecnológicos			
		Tecnologías de Manufactura		Técnicas de Manufactura	
	Factores Tecnológicos / Preguntas de Diagnóstico	Capacitación académica y técnica	Capacitación tecnológica	Capacitación académica y técnica	Capacitación tecnológica
RH	Tiempo anual por empleado dedicado a capacitación/educación continua	X			
	Total de empleados y nivel académico de los mismos	X			
	Nivel educativo, experiencia y habilidades de operarios y técnicos			X	
	Porcentaje de empleados con estudios e nivel superior en ingeniería y ciencias		X		
	Porcentaje de empleados con estudios e nivel técnico en ingeniería y ciencias				X
Cmp	Principales materiales, componentes y herramental utilizado			X	
	Servicios/Productos subcontratados			X	
	Certificaciones exigidas a los proveedores	X	X	X	X
	Métricos de evaluación de proveedores	X	X	X	X
Ventas y Merc.	Sectores de mercado a los que se dirigen los productos	X		X	
	Prácticas, herramientas y software utilizados en el proceso de Obtención del compromiso del cliente	X		X	
	Prácticas, herramientas y software utilizados en el proceso de Servicio al cliente	X		X	
	Sistemas de bases de datos utilizados en el proceso de Obtención del compromiso del cliente		X		X
	Sistemas de bases de datos utilizados en el proceso de Servicio al cliente		X		X
Producción y Mantto	Tipo de producción a que pertenecen los diferentes productos elaborados	X		X	X
	Indicadores de productividad monitoreados	X		X	X
	Estrategias de productividad implementadas		X		X
	Principios de manufactura esbelta aplicados en la empresa				X
	Prácticas, herramientas y software utilizados en el proceso de Cumplimiento de órdenes	X		X	X
	Prácticas, herramientas y software utilizados en el proceso de Desarrollo de productos	X		X	X
	Prácticas y herramientas de aplicación general	X		X	
	Procesos de manufactura más importantes para el negocio	X		X	X
Calidad	Indicadores de Control de Calidad monitoreados	X		X	
	Procesos de mejora continua implementados		X		X
	Prácticas y Certificaciones de Calidad implementadas	X		X	X

Luego de evaluar el impacto de la perspectiva tecnológica en la situación competitiva de la empresa, es posible proponer diferentes líneas de acción para las áreas de oportunidad de la misma, encontradas a partir del diagnóstico hecho a su cadena de valor. Cada tecnología representada en la cadena de valor, es una tecnología influyente en la

competitividad de la empresa, al relacionarse con la plataforma LEM-MIT, o el Modelo de Empresa Esbelta, de modo que ésta será la herramienta básica para observar las mejores prácticas que le permitan a la empresa superar sus desafíos (Figura 30).

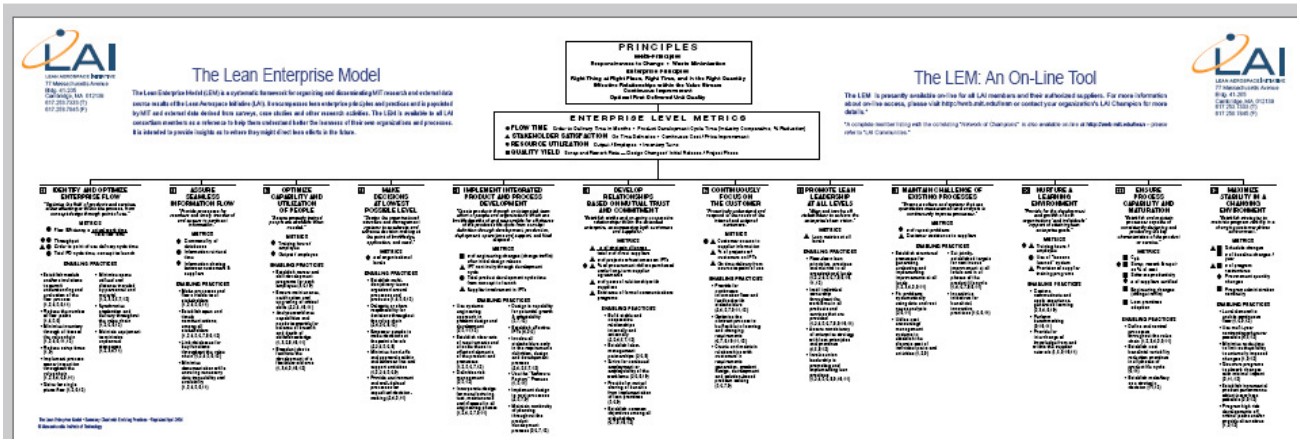


Figura 30. Modelo LEM-MIT de Lean Aerospace Initiative (LAI)

El modelo LEM MIT agrupa prácticas y principios lean para todas las áreas de la empresa, que forman la cadena de valor, y se sabe que a lo largo de toda la cadena de valor hay tecnología, mejorando continuamente la estructura empresarial desde los tres aspectos básicos: organizacional, tecnológico y financiero. Se divide en 12 principios, los cuales, definen prácticas de mejora continua y de manufactura esbelta para la organización. La hipótesis es que al ir cumpliendo y mejorando en cada una de estas prácticas, la empresa se volverá más competitiva.

Es un modelo iterativo en la organización, pues cada principio es aplicable a cada una de las actividades de valor de la empresa, de manera que una vez que cada área es evaluada conforme a cada uno de los principios, el modelo empieza de nuevo para evaluar la siguiente actividad de valor. De forma resumida se puede diseñar un modelo LEM-MIT para los factores tecnológicos que influyen en la competitividad de la empresa. El modelo particular de esta tesis, para efecto de las propuestas y líneas de acción al diagnóstico realizado, propone una versión resumida de este modelo destacando solo aquellas prácticas específicas aplicables en el aspecto tecnológico, a partir de las cuales se sugerirán los planes de acción para mejorar la competitividad de la empresa desde el punto de vista tecnológico (Figura 31).

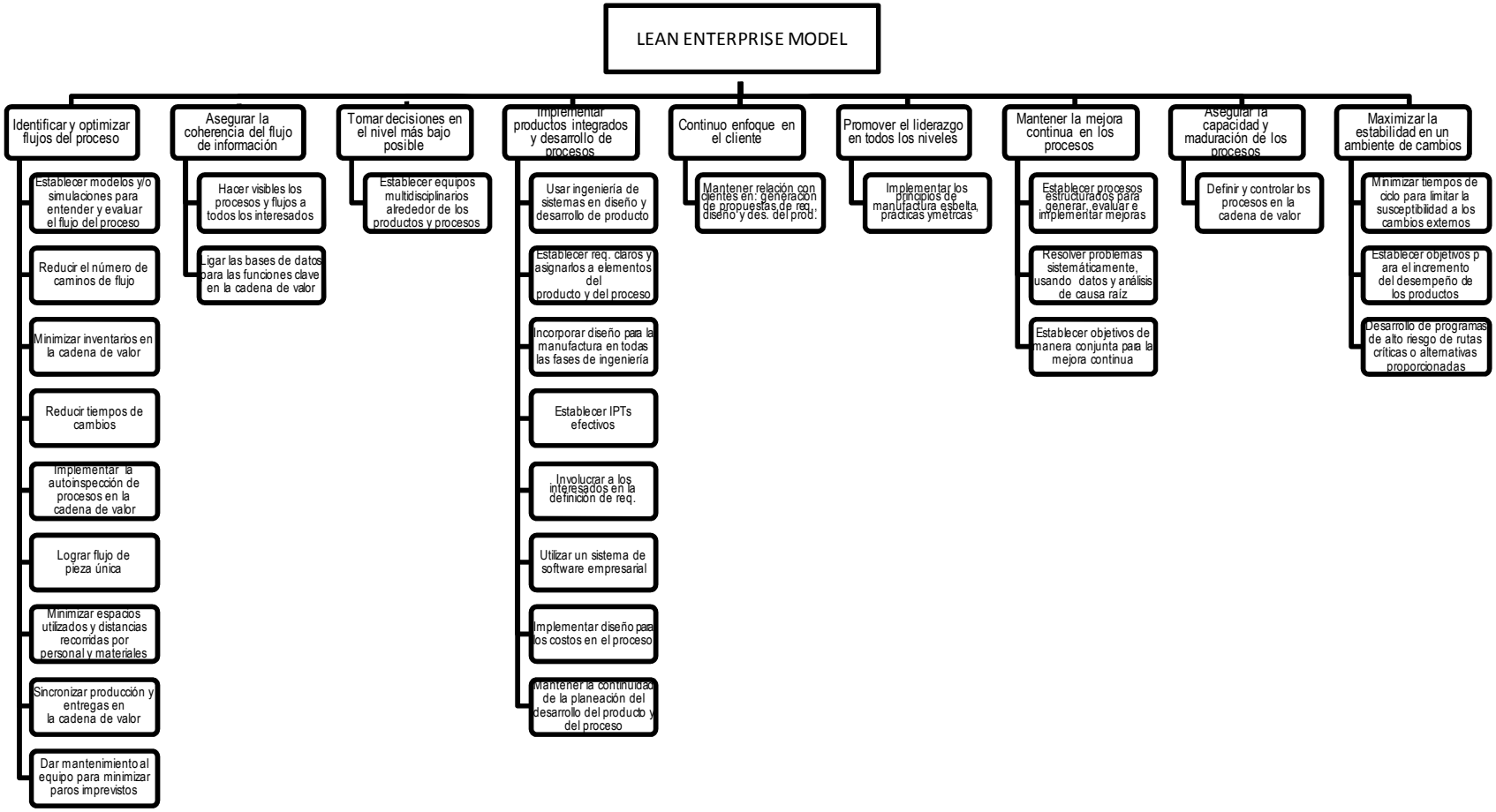


Figura 31. Modelo de prácticas de manufactura esbelta LEM-MIT desde la perspectiva tecnológica.

Cada práctica del modelo LEM-MIT elegida para ser evaluada en el siguiente paso del modelo, tiene que pasar por el diagrama de selección que se muestra en la Figura 32, cuyos pasos se describen a continuación:

1. Seleccionar práctica de manufactura esbelta del gráfico LEM-MIT resumido para la perspectiva tecnológica (Fig.30)
2. Decidir: ¿apoya esta práctica la optimización o integración de los procesos principales de la empresa?
3. Decidir: ¿corresponde esta práctica a un conocimiento específico sobre algpun tema o a alguna habilidad prácticaDecidir si la práctica corresponde a:“
    - saber cómo”: capacitación académica y técnica
    - “saber porqué”: capacitación y actualización tecnológica
4. Decidir si la práctica apoya específicamente el desarrollo de la industria aeroespacial, en cuyo caso, la práctica entra en la Matriz de Decisión. En caso contrario, la práctica no se incluye en el análisis de los niveles de capacidad.

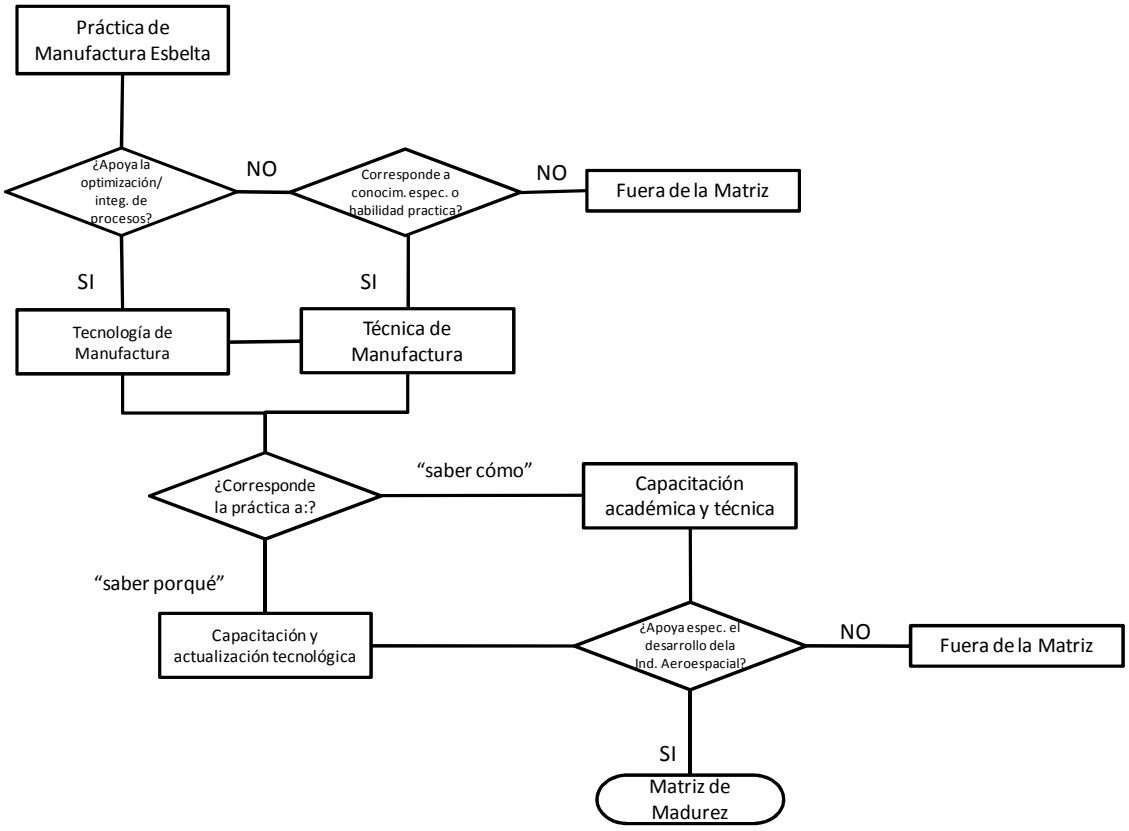


Figura 32. Diagrama de Flujo para la selección de las prácticas de manufactura esbelta de la Matriz de Madurez

Tabla 12. Prácticas de Manufactura Esbelta integradas a la Matriz de Madurez

Práctica Lean	Tecnologías de Manufactura		Técnicas de Manufactura	
	• Tecnologías de Manufactura Avanzada • Tecnologías de Manufactura de Clase Mundial		• Materiales compuestos • Procesos especiales	
	1a)Capacitación académica y técnica	**1b) Capacitación y actualización tecnológica**	**2a)Capacitación académica y técnica**	**2b) Capacitación y actualización tecnológica**
1	Sincronizar producción y entregas		Dar mantenimiento al equipo para minimizar paros imprevistos	Establecer modelos y/o simulaciones para entender el flujo del proceso
2	Ligar las bases de datos para las funciones clave en la cadena de valor	Hacer visibles los procesos y flujos a todos los interesados		
3	Establecer equipos multidisciplinarios alrededor de los prod.y procesos			
4	Establecer requer. claros y asignarlos a elementos del prod. y del proc.	Usar ingeniería de sistemas en diseño y desarrollo de producto		
	Incorporar diseño para la manufactura	Utilizar un sistema de software empresarial		
	Implementar diseño para los costos en el proceso			
5		Mantener relación con clientes en: generación de propuestas de requerimientos		
6		Implementar los principios de manufactura esbelta, prácticas y métricas a todos los niveles organizac		
7		Establecer procesos estructurados para generar, evaluar e implementar mejoras en todos los niveles	Resolver problemas sistemáticamente, usando datos y análisis de causa raíz	
		Establecer objetivos de manera conjunta para la mejora continua en el ciclo de vida del producto		
8		Definir y controlar los procesos en la cadena de valor		
9				Desarrollo de programas de alto riesgo de rutas críticas o alternativas proporcionadas

Las prácticas seleccionadas para integrarse a la Matriz de Madurez luego de pasar por el Diagrama de Selección, se resumen en la Tabla 12, para efecto de la posterior evaluación de los niveles de capacidad de la empresa en cada una de ellas. La Tabla 13 muestra la ponderación de los cinco niveles que se califican.

Tabla 13. Evaluación de los niveles de capacidad en las prácticas de manufactura esbelta.

Niveles de Capacidad				
1	2	3	4	5
Se tiene conciencia de esta práctica, pero se implementa de manera esporádica en unas pocas áreas	En general, la práctica se despliega de manera informal en unas pocas áreas de la empresa con efectividad variable	Existe una metodología por etapas, guiada por métricas para su implementación en la mayoría de las áreas de la empresa	La empresa está encaminada hacia la mejora continua, con resultados sostenibles	Enfoque bien definido e innovador, desplegado en toda la empresa; reconocida como mejor práctica

En la misma línea de acción, existe una herramienta conocida como Herramienta de Autoevaluación para la Empresa Esbelta (LESAT, por sus siglas en inglés), que funciona para que la empresa autoevalúe su desarrollo de prácticas de manufactura esbelta y su capacidad de evolucionar hacia mejores prácticas de manufactura que las de su estado actual. La aportación de esta herramienta para efecto de la presente tesis consiste en la denominada Plantilla de la Matriz de Madurez, cuya adaptación consecuente se presenta en la Figura 33.

LESAT MATRIZ DE MADUREZ					
Sección:					
Preguntas de diagnóstico					
Prácticas LEAN	Niveles de Capacidad				
	1	2	3	4	5
1.-					
2.-					
3.-					
4.-					
Indicadores					
Evidencia					
Planes de acción					

Figura 33. Matriz de Madurez LESAT

Esta matriz tiene siete componentes principales:

- Sección: descripción de los indicadores de desempeño tecnológico que correspondan.
- Preguntas de diagnóstico: preguntas genéricas para identificar los recursos tecnológicos con que la empresa cuenta actualmente.
- Prácticas de manufactura esbelta: de acuerdo con el modelo LEM-MIT adaptado para la perspectiva tecnológica, estas prácticas corresponden a los principios de manufactura esbelta más adecuados para ayudar a la empresa a entender cómo mejorar su organización y sus procesos.
- Niveles de capacidad: indican el nivel de cumplimiento y desempeño de la empresa en la práctica de manufactura esbelta correspondiente.
- Indicadores: éstos muestran de qué manera la empresa está cumpliendo su nivel correspondiente de capacidad y desempeño para las prácticas de manufactura esbelta.
- Evidencia: indicadores tangibles y reales del nivel de cumplimiento de una práctica de manufactura esbelta.
- Planes de acción: propuestas y acciones por realizar para llegar al nivel de capacidad deseado.

Para realizar el proceso de diagnóstico y propuestas de líneas de acción, el modelo LESAT y LEM-MIT proporcionan una plataforma adecuada: primero se ubican los dos criterios de carácter tecnológico que influyen en la empresa (tecnologías y técnicas) a lo largo de la cadena de valor, reconociendo la presencia de ambos en todas las actividades de valor de la empresa. Luego se procede a realizar el diagnóstico en la empresa, para conocer el nivel de avance tecnológico en que se encuentra, a partir de cuestionarios realizados en los diferentes departamentos de la empresa, con ayuda de la Matriz de Madurez; de modo que las secciones de análisis se forman por la cadena de valor evaluada desde los dos criterios tecnológicos, medidas en cada uno de los tres factores tecnológicos. Se tendrán entonces las siguientes fichas de diagnóstico:

- Sección 1: Tecnologías de Manufactura (TMA y MCM)
  1a) Capacitación académica y técnica
  1b) Capacitación tecnológica

- Sección 2: Técnicas de Manufactura (Materiales compuestos y procesos especiales)
  2a) Capacitación académica y técnica
  2b) Capacitación tecnológica

Finalmente, se evalúan los niveles de cumplimiento de las prácticas del modelo LEM-MIT en una ficha de resultados, con el fin de comparar el nivel actual con el nivel que se desea alcanzar luego de implementar las prácticas de manufactura esbelta correspondientes y llevar a cabo las acciones sugeridas. El formato de resultados se ha adaptado del modelo de LESAT se muestra en la Figura 34:

Autoevaluación en prácticas de Manufactura Esbelta				
Perspectiva Tecnológica				
Definición del proceso				
Sección	Prácticas LEAN	Características	Nivel de Capacidad	
			Actual	Futuro

Figura 34. Formato de Resultados para la evaluación de prácticas de manufactura esbelta

Después de una minuciosa evaluación de los resultados, es posible tener los criterios suficientes para conocer la posibilidad de la empresa de integrarse a la cadena de suministros de la industria aeroespacial, desde la perspectiva tecnológica, es decir, evaluar que la empresa tenga los niveles satisfactorios en capacidad académica, técnica y tecnológica tanto en recursos humanos como en infraestructura, así como capacidad de inversión para desempeñarse en los temas de tecnologías y técnicas de manufactura que la industria aeroespacial requiere.

5. Casos de Estudio

La metodología aplicada en los casos de estudio se detalla en el presente capítulo, mostrando el seguimiento que se dio a las empresas en cada una de las etapas del modelo de diagnóstico.

Se incluyen en el estudio empresas manufactureras, de distinto nivel de automatización y distinto segmento productivo, así como una empresa de servicios, dedicada 100% al sector aeroespacial, todas ubicadas en el estado de Nuevo León, México.

5.1. Memorias del Caso de Estudio. Empresa "A"

- La Empresa "A" corresponde al sector metalmecánico y se ubica entre las empresas medianas del estado de Nuevo León. Se especializa en maquinados de control numérico.

- Sus principales actividades son: maquinado de piezas para la industria automotriz y aeroespacial.

- Produce partes metálicas y plásticas, aluminios y metales no ferrosos a partir de los diseños del cliente.

- Cuenta con importantes certificaciones en calidad, como los son el ISO 9000-2000 y se encuentran en cumplimiento de las normas AS9100 y TS 16949.

Las preguntas de análisis de la matriz de madurez evidenciaron las siguientes ventajas de la empresa en cuanto al indicador de Tecnologías de Manufactura (Tabla 14):

Tabla 14. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 1, Empresa "A"

Capacitación académica y técnica		Capacitación y actualización tecnológica	
Práctica	**Nivel**	**Práctica**	**Nivel**
Producción y entregas sincronizadas en la cadena de valor	2	Procesos y flujos visibles a todos los interesados	2
Uso de bases de datos para las funciones clave en la cadena de valor	1	Uso de ingeniería de sistemas en diseño y desarrollo del producto	2
Equipos multidisciplinarios	3	Uso de un sistema de software empresarial	2
Requerimientos claros para el producto y el proceso	3	Mantener relación con clientes para generación de requerimientos, etc	3
Diseño para la manufactura	3	Implementación de principios de manufactura esbelta	1
Diseño para los costos en el proceso	2	Procesos estructurales para generar mejoras en todos los niveles	2
		Objetivos establecidos de manera conjunta	3
		Procesos definidos y controlados en la cadena de valor	2

Respecto a los factores que afectan el indicador de Técnicas de Manufactura, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 15):

Tabla 15. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 2, Empresa "A"

Capacitación académica y técnica		Capacitación y actualización tecnológica	
Práctica	**Nivel**	**Práctica**	**Nivel**
Mantenimiento del equipo para evitar paros imprevistos	3	Modelos y/o simulaciones del proceso y autoinspección	1
Resolución sistemática de problemas, usando datos y análisis de causa-raiz	1	Desarrollo de programas de alto riesgo de rutas críticas o alternativas proporcionadas	2

Las propuestas derivadas del desempeño de la empresa en las diversas prácticas de manufactura esbelta se enuncian a continuación:

- Capacitar al personal para el uso y aprovechamiento del sistema ERP con que cuenta la empresa.
- Desplegar una metodología de implementación de las siguientes prácticas de Manufactura Esbelta en las correspondientes áreas de la empresa:
    - 5's en almacén de materia prima y producto terminado.
    - SMED para la reducción de tiempos de preparación en producción.
    - Mantenimiento Productivo Total en el área de producción
- Capacitación a los empleados en metodología de análisis de causa-raíz
- Estudio de factibilidad para la adquisición de un modelo de sistemas computarizado.

5.2. Memorias del Caso de Estudio. Empresa "B"

- La Empresa "B" es una pequeña empresa en cuanto al número de trabajadores, pero maneja flujos de efectivo correspondientes a las medianas empresas. Cuenta con una gran inversión en maquinaria especializada para la producción de piezas metálicas, tanto de aceros como de aluminios.

- Se enfoca principalmente en el sector automotriz.

- Se encuentra en proceso de implementación de las normas ISO 9000 y TS16949

Las preguntas de análisis de la matriz de madurez evidenciaron las siguientes ventajas de la empresa en cuanto al indicador de Tecnologías de Manufactura (Tabla 16):

Tabla 16. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 1, Empresa "B"

Capacitación académica y técnica		Capacitación y actualización tecnológica	
Práctica	**Nivel**	**Práctica**	**Nivel**
Producción y entregas sincronizadas en la cadena de valor	4	Procesos y flujos visibles a todos los interesados	1
Uso de bases de datos para las funciones clave en la cadena de valor	2	Uso de ingeniería de sistemas en diseño y desarrollo del producto	4
Equipos multidisciplinarios	1	Uso de un sistema de software empresarial	1
Requerimientos claros para el producto y el proceso	4	Mantener relación con clientes para generación de requerimientos, etc	4
Diseño para la manufactura	4	Implementación de principios de manufactura esbelta	2
Diseño para los costos en el proceso	2	Procesos estructurales para generar mejoras en todos los niveles	2
		Objetivos establecidos de manera conjunta	1
		Procesos definidos y controlados en la cadena de valor	3

Respecto a los factores que afectan el indicador de Técnicas de Manufactura, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 17):

Tabla 17. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 2, Empresa "B"

Capacitación académica y técnica		Capacitación y actualización tecnológica	
Práctica	**Nivel**	**Práctica**	**Nivel**
Mantenimiento del equipo para evitar paros imprevistos	3	Modelos y/o simulaciones del proceso y autoinspección	1
Resolución sistemática de problemas, usando datos y análisis de causa-raiz	1	Desarrollo de programas de alto riesgo de rutas críticas o alternativas proporcionadas	2

De acuerdo con estos resultados, las propuestas generadas con ayuda del modelo LEM-MIT, son las siguientes:

- Involucrar al personal operativo en actividades que competen al desempeño de la empresa, como la creación de objetivos y metas, el control de la calidad y establecimiento de los requerimientos del producto.
- Involucrar a los trabajadores en el desarrollo del proceso
- Capacitación en metodología de análisis de Causa-Raíz
- Capacitación en metodología de Desarrollo de Rutas Críticas.

5.3. Memorias del Caso de Estudio. Empresa "C"

- La Empresa "C" ofrece servicios de mantenimiento de aviones, enfocándose en la reparación de fallas, desde mínimas hasta mantenimiento de aviones pesados y motores.
- Cuenta con certificaciones internacionales para el mantenimiento de aviones, tales como la FAA y EBACE, así como las certificaciones mexicanas DGAC.

Las preguntas de análisis de la matriz de madurez evidenciaron las siguientes ventajas de la empresa en cuanto al indicador de Tecnologías de Manufactura (Tabla 18):

Tabla 18. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 1, Empresa "C"

Capacitación académica y técnica		Capacitación y actualización tecnológica	
Práctica	**Nivel**	**Práctica**	**Nivel**
Producción y entregas sincronizadas en la cadena de valor	4	Procesos y flujos visibles a todos los interesados	3
Uso de bases de datos para las funciones clave	3	Uso de ingeniería de sistemas en diseño y desarrollo del producto	3
Equipos multidisciplinarios	3	Uso de un sistema de software empresarial	3
Requerimientos claros para el producto y el proceso	3	Mantener relación con clientes para generación de requerimientos, etc	4
Diseño para la manufactura	-	Implementación de principios de manufactura esbelta	2
Diseño para los costos en el proceso	3	Procesos estructurales para generar mejoras en todos los niveles	2
		Objetivos establecidos de manera conjunta	2
		Procesos definidos y controlados en la cadena de valor	3

Respecto a los factores que afectan el indicador de Técnicas de Manufactura, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 19):

Tabla 19. Niveles de Cap. en prácticas de Manufactura Esbelta en Secc. 2, Empresa "C"

Capacitación académica y técnica		Capacitación y actualización tecnológica	
Práctica	**Nivel**	**Práctica**	**Nivel**
Mantenimiento del equipo para evitar paros imprevistos	3	Modelos y/o simulaciones del proceso y autoinspección	1
Resolución sistemática de problemas, usando datos y análisis de causa-raiz	1	Desarrollo de programas de alto riesgo de rutas críticas o alternativas proporcionadas	2

Las propuestas que se derivan del uso de la matriz de madurez y de modelo LEM-MIT, son las siguientes:

- Implementar los principios de Mantenimiento para la Manufactura Esbelta con el fin de aumentar la eficiencia en los tiempos de respuesta al cliente
- Desplegar una metodología de implementación de prácticas de Manufactura Esbelta para el mantenimiento de aviones:
- Capacitación y metodología de análisis de Causa-Raíz

5.4. Análisis de Resultados

A partir de la comparación entre los niveles de capacidad de las empresas en cada práctica de manufactura esbelta, es posible observar gráficamente el comportamiento de las empresas en las mismas. Un análisis comparativo de los tres casos de estudio en cuanto a los niveles de capacidad obtenidos en cada uno de los indicadores, se muestra a continuación en las gráficas de las Figuras 34-37.

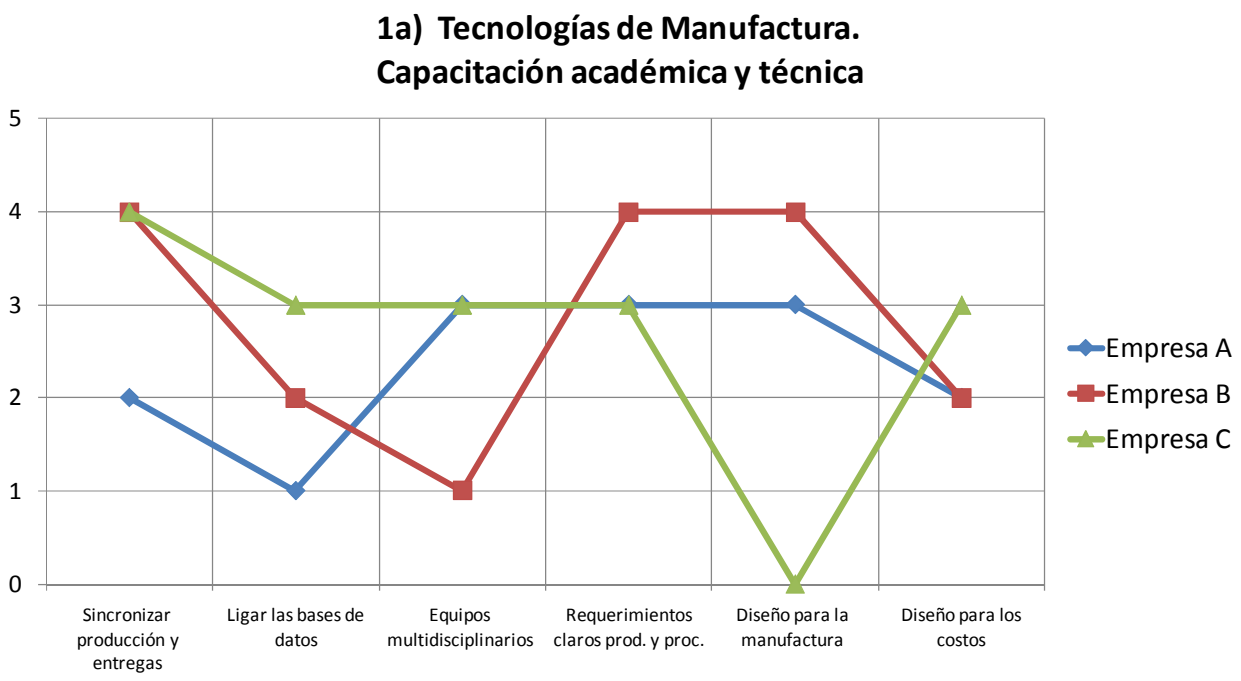


Figura 35. Gráfica de Tecnologías de Manufactura (1a)

Se observa en la Figura 35:

- Una tendencia de la Empresa B a altos niveles en el manejo de su producción, y poca práctica en el desarrollo de equipos multidisciplinarios.

- Un rezago de la Empresa A en el manejo de bases de datos que coordinen las diferentes áreas de la empresa y apoyen la sincronización de la producción y entregas del producto.

- La Empresa C no realiza diseño para la manufactura debido a que está 100% orientada al giro de servicios de mantenimiento.

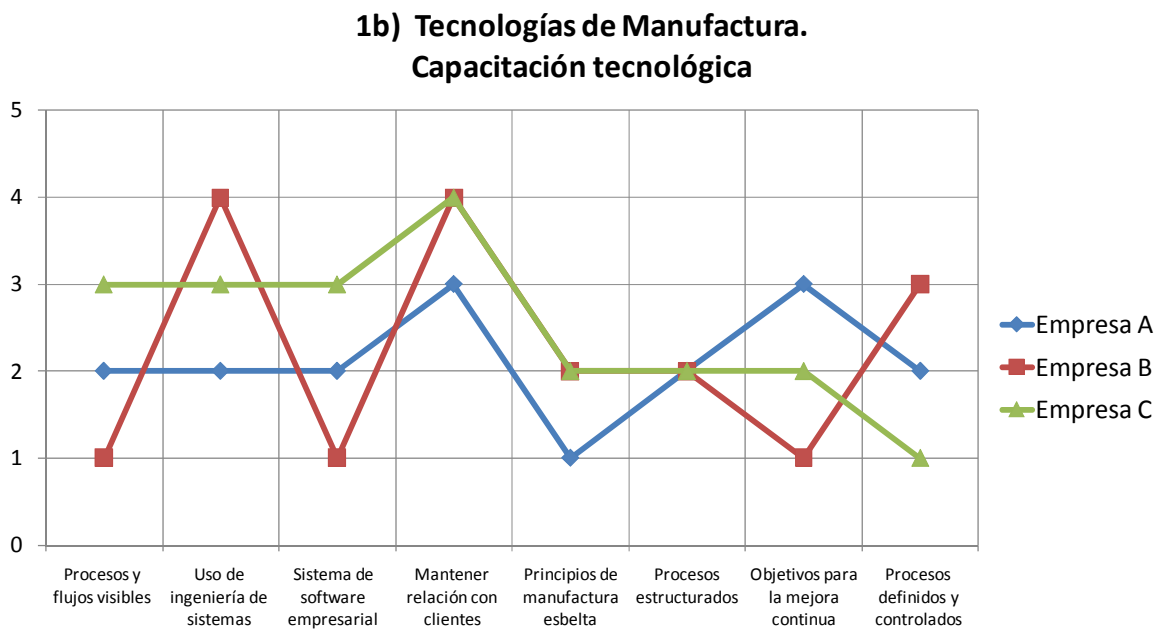


Figura 36. Gráfica de Tecnologías de Manufactura (1b)

Se observa en la Figura 36:

- Las tres empresas tienden a niveles bajos en cuanto a la aplicación de principios de manufactura esbelta en todos los niveles de su organización. En general, esta filosofía es conocida por todas las empresas visitadas, pero su aplicación no se lleva a cabo de manera formal debido a que no se dedica tiempo ni se asignan proyectos al personal para desarrollar las metodologías adecuadas, además de que pocos elementos de recursos humanos están capacitados en estos temas.

- Por la razón anterior, tanto la Empresa "A" como la "B" y la "C" obtuvieron bajos niveles de capacidad en la estructuración de sus procesos, objetivos no claros o no establecidos orientados a la mejora continua y procesos poco definidos o controlados.

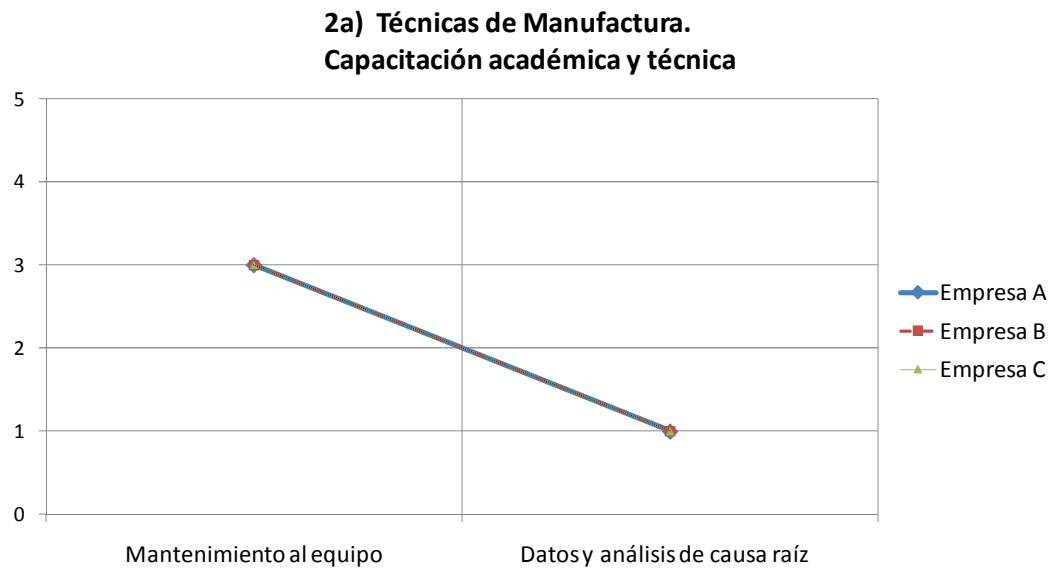


Figura 37. Gráfica de Técnicas de Manufactura (2a)

Se observa en la Figura 37 y 38:

- Un bajo nivel de las tres empresas en técnicas sistemáticas de resolución de problemas, usando datos y análisis de causa raíz, principalmente al escaso conocimiento que se tiene del manejo de esta herramienta.
- Las tres empresas del estudio carecen de algún tipo de simulación para entender el flujo de sus procesos

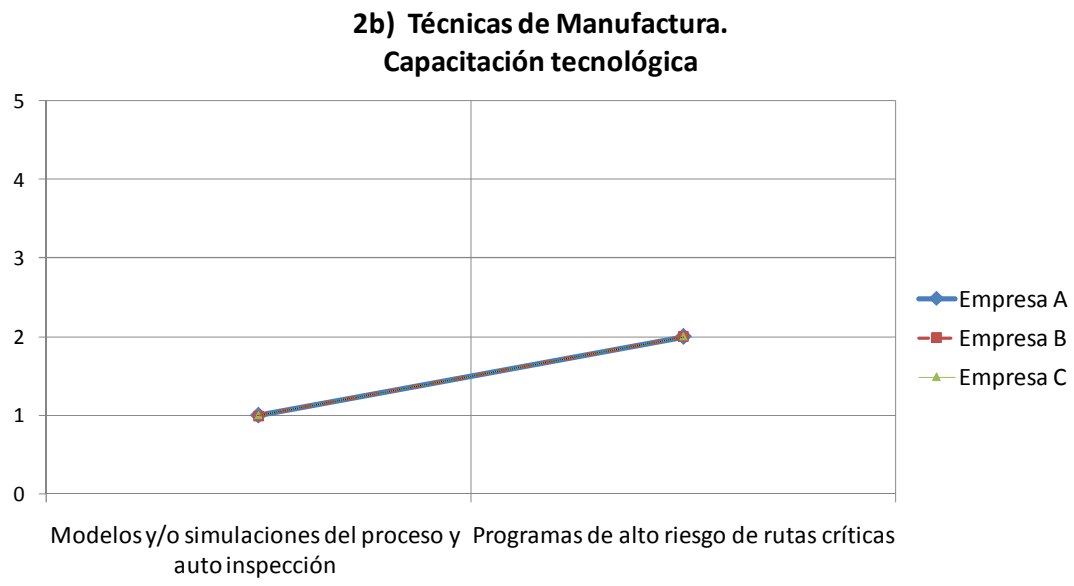


Figura 38. Gráfica de Técnicas de Manufactura (2b)

6. Conclusiones

Se concluye a partir del presente trabajo de investigación y proyecto de Tesis, que la importancia de los estudios de competitividad se presenta en tanto ofrezcan una visión de los criterios que afectan la participación o el poder de una empresa en el mercado:

- Al reconocer la ventaja competitiva de una empresa es posible luego explotarla mediante proyectos de mejora del sistema completo que le añadan valor al producto o servicio final.
- Las estrategias competitivas que definan la situación de la competencia pueden encontrarse a partir delos análisis de la Cadena de Valor y de la Cadena de Suministros, pues aportan precisión y facilitan el diseño de la estructura organizacional y la identificación de las actividades que agregan valor para el cliente.

En el caso particular de la industria aeroespacial, se observa que las exigencias dentro de su cadena de suministros rebasan los estándares de calidad y productividad de las empresas nacionales promedio: la tecnología que se requiere, las políticas de procesos, la mano de obra especializada y las altas inversiones de capital económico convierten a esta industria en un reto para las PyMEs mexicanas que deseen incursionar en ésta:

- Con el apoyo de modelos de desarrollo, las empresas pueden encontrar metodologías para mejorar continuamente sus procesos y llegar al nivel requerido de competitividad que se les exige.
- El apoyo de diversos organismos, tanto de gobierno como privados incrementa las posibilidades de desarrollo de la empresa, como se observa en los casos exitosos de clústers aeroespaciales tanto internacionales como nacionales.
- En el caso del estado de Nuevo León, la reciente iniciativa de formalizar un clúster aeroespacial se encuentra bien respaldada por el desempeño social, político y económico del estado, que ocupa las primeras posiciones en competitividad nacional.

En cuanto a la perspectiva tecnológica de la industria, es notable el papel que juega dentro del desarrollo competitivo de la empresa al tener la influencia de modificar la posición competitiva de la misma en el mercado, incluso con cambios simples en las

actividades de valor. A partir del análisis tecnológico se encontraron dos puntos críticos para el desarrollo dentro de la cadena de suministros, tales son:

- las tecnologías de manufactura y las técnicas de manufactura, tanto para optimización de proyectos en toda la cadena de valor, como para la aplicación de habilidades técnicas en los materiales y procesos específicos de la industria.

También fue necesario definir los factores de desempeño tecnológico que apoyaran un estudio comparativo del desarrollo de las empresas que pretendieran incursionar al sector aeroespacial, y se reconoció la aportación de diversos modelos de desarrollo estudiados para alcanzar a definir estos factores:

- La capacitación académica y técnica y la capacitación tecnológica, que muchas veces es subestimada en las empresas cuando buscan "mano de obra barata" ignorando que son estos factores los que le darán una ventaja competitiva desde el aspecto tecnológico a su empresa, pues poco valora agrega a la empresa el tener maquinaria de "alta tecnología" si el capital intelectual no es capaz de aprovechar la capacidad de producción de la misma, así como de desarrollar proyectos de mejora continua para elevar la producción y la calidad de los productos finales.

En conclusión, el modelo propuesto facilita el proceso de diagnóstico de las capacidades tecnológicas de una empresa al realizar tanto un análisis de la cadena de valor para identificar las principales tecnologías que le dan una ventaja competitiva a la empresa, como una evaluación en el nivel de cumplimiento de las principales prácticas de manufactura esbelta.

La brecha entre la situación actual de la empresa y su futura integración a la cadena de suministros de la industria aeroespacial se hace más corta en tanto se puedan ir cumpliendo en mayor grado cada una de las prácticas de manufactura de Clase Mundial.

7. Líneas Futuras de Investigación

La presente investigación y propuestas corresponden a una línea de investigación que pretende ofrecer un conjunto de acciones y soluciones para las pequeñas y medianas empresas que desean integrarse a la cadena de suministros de la industrias aeroespacial; se han realizado trabajos sobre los retos que enfrenta las PyMEs desde la perspectiva organizacional, tales como las certificaciones y normatividad exigidas en el sector, el análisis de las mejores prácticas y metodologías para los procesos de calificación y certificación.

En cuanto a la perspectiva tecnológica, el presente trabajo propone una metodología de diagnóstico de los criterios y factores que influyen en la competitividad de la empresa. Sin embargo, existe mucho trabajo por hacer y a partir de este proyecto se encuentran las siguientes líneas de acción:

- la perspectiva financiera no se ha abarcado aún, y es importante realizar un estudio acerca de las capacidades de inversión de las PyMEs, los financiamientos que pueden recibir por diferentes organismos de gobierno y privados y los proyectos más factibles que podrían emprender.

- de acuerdo con el Modelo de Abastecimiento en Regiones de Bajo Costo (Figura 14) aún faltan por desarrollar proyectos que definan la participación de las pequeñas y medianas empresas en aspectos de negociación y administración de riesgos.

- sería interesante también contar con un modelo de red logística para la industria aeroespacial a lo largo de los clúster nacionales más importantes, incluyendo las empresas de mayor presencia económica en cada estado del país.

8. Referencias Bibliográficas y Bibliografía

8.1. Referencias Bibliográficas

A.T. Kearney. (2007). *Estudio de prospectiva tecnológica de la industria automotriz en México.* Recuperado el Octubre de 2008, de Secretaría de Economía: http://www.economia.gob.mx/pics/pages/944_base/ATKearney.pdf

Bouche, J. C., Reyes, I., & Ramírez, R. A. (2007). *Identificación de oportunidades del sector aeroespacial.* Monterrey, N.L., México: ITESM, Campus Monterrey.

Bravura, C. S. (2004). The true cost of subcontracting work to low cost economies. *Farnborough Aerospace Consortium* . South East of England Development Agency.

Cabeza, L. (2004). Empresa Extendida: Lean Enterprise.

Cabeza, L. (2007). Gestión Integrada de la Empresa. *Congreso Nacional de Ingeniería Industrial CONEII-PUCP.* Lima, Perú.

CEDIA. (2006). *Centro para el Desarrollo de la Industria Aeronáutica.* Recuperado el febrero de 2008, de http://cedia.com.mx

CEDIA NL. (2008). Mapa de ubicación geográfico-operatia de las empresas mexicanas en el giro aeroespacial. Monterrey, Nuevo León, México.

Elizondo V., O. (2003). *Integración de la cadena de suministros en las MIPYME manufactureras.* Monterrey, N.L., México: ITESM, Campus Monterrey.

Gamboa, L. (2008). *Framework for the Qualification of Mexican SMEs as Suppliers in the Aerospaces Supply Chain.* Monterrey, N.L.: ITESM, Campus Monterrey.

IMCO, I. M. (2008). *IMCO*. Recuperado el 2008, de www.imco.org.mx

INEGI. (2008). *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Historia*. Obtenido de www.inegi.gob.mx

Porter, M. (2003). Building the Microeconomic Foundations of Prosperity: finding from the business competitiveness index. *The Global Competitiveness Report 2003-2004* .

Porter, M. (1985). *Competitive Advantaje. Creating and Sustaining.* New York: Free Preess.

Porter, M. (1985). *Competitive Advantaje. Creating and Sustaining.* New York: Free Preess.

Porter, M. (1980). *Competitive Strategy.* New York: Free Press.

Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations.* Nueva York: Free Press.

ProduCen, C. d. (2008). Composición de la Industria Aeronáutica en México. *Foro Internacional de Clústers.* Monterrey, N.L.

Quintero, J. D. (2004). Competitividad en la industria manufacturera de Cartagena de Indias: Un análisis de eficiencia técnica en el período 2001-2004. Cartagena de Indias, España.

Ramos Alegre, D. (1987). *Tecnología Aeroespacial.* Madrid,España: Dossat Editorial.

Rice, A. (1958). *Productivity and Social Organization: The Ahmedabad Experiment.* London, UK: Tavistock Institute.

Rodríguez, A. G. (2006). *Modelo de Desarrollo Organizacional para Pequeñas y Medianas Empresas Mexicanas como apoyo para su integración en la cadena de suministros de la Industria Aeroespacial.* Monterrey, N.L.: ITESM, Campus Monterrey.

Saavedra R., M. (1999). *Perfil de las mejores prácticas del proceso de suministro de empresas manufactureras en México.* Monterrey, N.L. México: ITESM, Campus Monterrey.

Schonberger, R. J. (1989). *Manufactura de Categoría Mundial.* Colombia: Grupo Editorial Norma.

Secretaría de Economía. (2008). Obtenido de www.economía.gob.mx

Simental R., C. (2005). *Factores críticos para la administración de la cadena de suministro en empresas del estado de Nuevo León.* Monterrey, N.L., México: ITESM, Campus Monterrey.

Trist, E. L., Higgin, G. W., Murray, H., & Pollock, A. (1963). *Organizational Choice.* London, UK: Tavistock Institute.

Turning, G. (2008). *Manufactura de Clase Mundial*. Obtenido de Turning Consulting Group: www.turning.cc/

8.2. Bibliografía

Boyer, K. K., Leongb, G. K., Ward, P. T., & Krajewski, L. J. (1997). Unlocking the potential of advanced manufacturing technologies. *Journal of Operations Management, Vol. 15* , 331-347 .

Carrie, A. S., Bititci, U. S., Reid, A., Trienekens, J. H., Hovlby, H. H., & Coll, F. (1998). The implication of interrelationships for decision making process in companies along the Supply Chain. *Strategic Management of the Manufacturing Value Chain* .

Chopra, S., & Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management: strategy, planning and operation.* Nwe Jersey, USA: Prentice Hall.

Davis, H. S. (1955). *Productivity Accounting.* Philadelphia, Pennsylvania: University of Pennsylvania Press.

Esser, K., Hillebrand, W., Messner, D., & Meyer-Stamer, J. (1994). "Competitividad Internacional de las Empresas y Políticas Requeridas". *Revista Nueva Sociedad Nro. 133* .

Hayfron, L. E., Carrie, A. S., Bititci, U. S., & Pandya, K. V. (1998). Manufacturing franchising and enterprise networks. *Strategic Management of Manufacturing Value Chain* .

Jorgenson, D. W., & Griliches, Z. (1967). *The Explanation of Productivity Change. Review of Economic Studies.*

Krugman, P. (1992). *Geografía y Comercio.* Barcelona, España: Antoni Bosch Editor, S.A.

Lall, S. (1998). “Exports of manufactures by developing countries: emerging patterns of trade and location”. *Oxford Review of Economic Policy , 14* (2), 54-73.

León, J. A. (2004). Modelo de competitividad global de la industria de piel de cocodrilo Moreletii. En J. A. León.

Marshall, A. (1890). *Principles of Economics.* Macmillan and Co.

McFetridge, D. G. (1995). “Competitiveness: Concepts and measures”. *Department of Economics, Carleton University* .

Mentzer, J., DeWitt, W., Keebier, J., Min, S., Nix, N., Smith, C., y otros. (2001). Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics* .

Quayle, M. (2003). A study of supply chain management practice in UK indsutrial SME's. *Supply Chain Management Journal* .

Saari, S. (2006). Productivity. Theory and Measurement in Business. *European Productivity Conference.* Espoo, Finland.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2003). *Designing & Managing the Supply Chain. Concepts, Strategies & Case Studies* (2da edición ed.). McGraw-Hill.

Small, M. H., & Chen, I. J. (1997). Economic and strategic justification of AMT inferences from industrial practices. *International Journal of Production Economics* , 65-75.

Spencer, M., & Hazard, H. (1988). *"International Competitiveness".* Cambridge, Massachusetts: Ballinger Publishing.

Turban, E., McLean, E., & Wetherbe, J. (2004). *Information Technology for Management: Transforming Business in the Digital Economy.* John Wiley & Sons Inc.

Warner, A. (2005). "Defining and assessing competitiveness: Reaching consensus on the definition and measuring impact". *National Bureau of Economic Research* .

Youssef, M. A. (1992). Getting to Know Advanced Manufacturing Technologies. *IIE Solutions, Vol. 24* , 40-42.