



Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

Estudio Prospectivo del Sector de Mantenimiento Aeronáutico en Querétaro

Moisés Gómez-Salazar¹

*Fernando Rodríguez-Cano**

Resumen

El objetivo central de esta investigación es realizar un estudio prospectivo del sector de mantenimiento aéreo en el estado de Querétaro, México, ya que la región cuenta con el potencial para convertirse en un polo de servicios aeronáuticos a nivel internacional. En este sentido, la presente investigación es de gran relevancia ya que logra establecer los posibles escenarios de desarrollo del sector MRO (Maintenance Repair and Overhaul). De tal manera que se aporta una gran herramienta para los tomadores de decisión al momento de evaluar y seleccionar estrategias pertinentes, prioritarias y potencialmente aplicables en sus planes y perspectivas de negocio. Todo esto a partir de una estrategia metodológica del tipo cualitativa, la cual, mediante un enfoque prospectivo utiliza la técnica por escenarios, apoyada de los métodos MICMAC, MACTOR y SMIC.

Palabras clave: Gestión tecnológica, prospectiva tecnológica, industria aeronáutica.

Abstract

The main objective of this research is to conduct a prospective study of the air maintenance sector in Queretaro, Mexico since the region can potentially become a center of aeronautical services at an international level. This research is relevant since it establishes the possible scenarios for developing the MRO (Maintenance Repair and Overhaul) sector. In such a way, it provides a great tool for decision-makers to evaluate and select pertinent, priority, and potentially applicable strategies in their business plans and perspectives. All this is from a qualitative methodology strategy, which, through a prospective approach, uses the technique by scenarios supported by the MICMAC, MACTOR, and SMIC methods.

¹ **Facultad de Contaduría y Administración-Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.

Keywords: Technological management, perspective, aeronautical industry.

Introducción

El sector aeronáutico en Querétaro es uno de los sectores industriales más relevantes, ya que se trata de una industria en la cual la inversión extranjera directa (IED) para el año 2015 ascendió a más de 1,300 millones de dólares, convirtiéndose en la región con más (IED) de todo el país (ProMéxico, 2017), demostrando así el gran potencial de crecimiento de la industria dentro de la región Queretana y consolidado la confianza que tienen los inversionistas extranjeros para este rubro. Aunado a esto, existen miles de empleos generados para cubrir las necesidades de las empresas, los cuales generan un mayor bienestar social en la región pues potencian un mejor nivel de vida y desarrollo. Sin embargo, a pesar del gran dinamismo en el que se desarrolla el sector, también se exhiben grandes retos y desafíos por resolver, ya que dicho sector es muy extenso, también sus problemáticas y necesidades lo son.

Debido a que la industria aeronáutica a nivel global según Hernández (2015), se encuentra en una fase de especialización horizontal donde se exigen cada vez mayores niveles de competitividad y calidad, impulsada principalmente por la innovación, nuevos productos y nuevos modelos de servicios. Se hace imperante un análisis estructural del sistema, con la finalidad de dar claridad a las diversas problemáticas que se desarrollan dentro de la industria aeronáutica y en específico del sector de mantenimiento aéreo. Ya que contar con múltiples y variadas problemáticas, puede generar un falta de claridad, sobre cuál es el rumbo y direccionamiento apropiados para potenciar el desarrollo de una sector con un alto nivel de complejidad como lo es el aeronáutico.

En este sentido los estudios que se han desarrollado hacia al sector aeronáutico son en su mayoría limitados y de tipo descriptivo, tal es el caso, de la investigación realizada por Villavicencio, et al. (2013), quien analiza las capacidades con las que cuentan las organizaciones en la región Queretana, así como sus oportunidades de incursionar en la industria aeroespacial, señalando tres importantes aspectos el desarrollo de dichas organizaciones: el papel de las empresas tractoras como Bombardier, la integración industrial ya existente para la fabricación de piezas provenientes de otro tipo de industrias (metalmecánica, electrónica, química y autopartes), así como el conjunto de instituciones de educación y centros de investigación en áreas de ingeniería, como la Universidad Aeronáutica en Querétaro (UNAQ) que aporta personal calificado para la industria y ofrecen los servicios de capacitación a personal especializado.

Por otro lado Casalet et al., (2011), estudia a los actores clave y las redes involucradas en el desarrollo del clúster aeroespacial de la entidad. Detectando que las redes formadas a partir del

agrupamiento sectorial y regional son de carácter multifuncional, donde se tiene como propósito la variabilidad técnica. Así mismo, este estudio culmina con un atento llamado de atención para las empresas integradoras de equipo original (OEM's) por sus siglas en inglés. Para que participen activamente en el apoyo al desarrollo de empresas mexicanas, para que formen parte integral de la cadena de valor. Ya que estas no cuentan con los recursos necesarios para participar como proveedores locales.

En este sentido pese a la relevancia con la cuenta el sector, las investigaciones y aportación al conocimiento, son limitadas y muy asiladas, es decir, carecen de un carácter integrador que evidencie el funcionamiento real del sistema de estudio y su interacción con el entorno analizado. Esto trae consigo una visión un tanto insipiente sobre los verdaderos requerimientos y necesidades para el desarrollo.

Así mismo, debido a las limitadas investigaciones sobre el sector de mantenimiento aeronáutico en México, y aunado a la falta de direccionamiento por parte de las entidades gubernamentales. Se carece de un visión y prospectiva que logren dar dirección a un sector con amplias posibilidades de crecimiento en México. Ya que desde hace más de 10 años no se publican las bases y direccionamientos para el crecimiento del sector (MRO). Esto debido esencialmente a que la entidad encargada de este tipo de aportaciones al sector (ProMéxico) fue desintegrada por parte del gobierno federal.

Estas condiciones generan que las empresas, investigadores y empresarios vislumbren a los estudios prospectivos como fuente de innovación, con amplias posibilidades para impulsar al crecimiento y desarrollo de las organizaciones. Por ello, optar por un estudio de tipo prospectivo que coadyuve a generar las estrategias clave para el pleno desarrollo del sector es imprescindible. En este sentido, el presente estudio de investigación busca ejercer una prospectiva sobre las variables o problemáticas clave identificadas, para ofrecer una visión sobre la posible evolución del sistema de mantenimiento aeronáutico.

En este sentido es preciso denotar que el futuro traerá consigo incertidumbre, y es precisamente esa gestión de la incertidumbre lo que hace tan valiosa a la prospectiva, es decir, se trata de entender el futuro cada vez más para poder influir en el, por lo cual a la prospectiva no le interesa medir el fenómeno estudiado sino interpretarlo, ya que su intención principal no es contemplar el futuro sino construirlo.

Es precisamente en la construcción de este futuro y de los estudios prospectivos, que existen múltiples métodos y técnicas para hacerlo, incluso diversas escuelas de pensamiento alrededor del mundo que se dedican a estudios de esta naturaleza y con el paso del tiempo han logrado desarrollar metodologías bastante robustas para realizar este tipo de investigaciones.

Tal es el caso de las tres predominantes escuelas de pensamiento prospectivo: Francesa, Americana y Nórdica. Así mismo, existen variantes muy singulares entre ellas, ya que las escuela Americana y Nordica se enfocan principalmente en determinar el escenario más probable de ocurrencia en un fenómeno de estudio (forecasting), es decir, tratan de encontrar el escenario que más probabilidades tiene de suceder y bajo este escenario generar una planeación de tipo estratégica para dar cara al futuro. Sin embargo esta forma de pensamiento es limitativa ya que consideran al futuro como una unidad y no como algo múltiple. Por otro lado tenemos a la escuela francesa, de la cual su principal exponente es Michel Godet, quien logro dotar de un método y una base matemática bastante robusta a la prospectiva, generando así una mayor validación para los estudios de esta naturaleza.

La metodología propuesta por Godet (2007) es de tipo voluntarista, pues considera que el futuro se construye, no se predice. Así mismo, estima que el futuro es múltiple y por lo tanto no es único. Existen distintos métodos para realizar este tipo de estudios, sin embargo no todos cuentan con un robusto sustento metodológico como lo tiene la escuela de pensamiento Francesa.

Debido a esto existen múltiples formas de realizar un abordaje de tipo prospectivo, sin embargo, la elección de cada método y técnica para utilizar dependerá del conocimiento profundo que se tenga del fenómeno de estudio y del acceso a información clave dentro del sistema que será analizado. Es por esto que el reconocimiento de la escuela de pensamiento Francesa llega a resaltar sobre las demás en un entorno como el Latinoamericano según Rincón y Mujica (2009), ya que contempla el uso de paneles de expertos como parte primordial para subsanar la posible falta de información por parte de las empresas en un contexto de desconfianza y de alta competencia de los sectores productivos para compartir dicha información libremente.

En este sentido, algunos estudios desarrollados en el contexto latinoamericano tratan de probar la potencialidad y aplicabilidad de investigaciones del tipo prospectivo mediante el uso de la técnica por escenarios que emplean la metodología de Godet (1991). Tal es el caso de Rincón y Mujica (2009) en el sector metal mecánico de Venezuela, quienes evalúan el papel a futuro del desarrollo de la gestión tecnológica y su importancia para el incremento competitivo. También se encuentra el realizado por León et al. (2021) en Ecuador, para determinar los posibles escenarios de desarrollo del sector de producción de aceite a nivel nacional, detectando actores clave y estrategias a seguir para dicho desarrollo. Así mismo, el trabajo de investigación realizado por Velásquez et al. (2020) en Colombia sobre las mesas de diseño, confección y moda para determinar directrices claves de gestión en el sector e impulsar su crecimiento y desarrollo dentro del país.

En esta misma tesitura el propósito principal de la presente investigación es adecuar un modelo prospectivo propuesto por Godet (2007), para un sector industrial de alta especialización, en el contexto latinoamericano. Debido principalmente a que dicho modelo ayuda a librar las barreras

de entrada para el análisis de un sistema con limitado acceso a la información. En este caso debido principalmente a las cláusulas de confidencial y alto nivel de competitividad entre las organizaciones. Con esto se busca aportar información de verdadero valor agregado y nuevo conocimiento a los tomadores de decisiones estrategias de las organizaciones del sistema (MRO). Para el uso y tropicalización de un método, altamente eficiente para la prospección y entendimiento de la evolución de un sistema deseado.

Así mismo, las interrogantes que guían al trabajo de investigación son: ¿Cuáles son los posibles escenarios de desarrollo para el sector de mantenimiento aéreo en Querétaro, México?, ¿Cuáles son las estrategias más adecuadas para potenciar el desarrollo del sector de mantenimiento aéreo en Querétaro, México?. Si bien el estudio se enfoca en el estado de Querétaro, los resultados podrán ser extrapolados, ya que las organizaciones de tipo (MRO) comerciales a nivel internacional y nacional operan bajo los mismos estándares de calidad, pues se rigen bajo rigurosas normas legislativas, debido a su nivel de madurez y de confiabilidad.

Diseño y Proceso Metodológico

La investigación cuenta con un enfoque cualitativo donde se utiliza el método prospectivo, el cual se desarrolla mediante la técnica por escenarios, donde el principal objetivo es determinar los posibles escenarios de desarrollo del sector de mantenimiento aeronáutico en la región de Querétaro Mex., El horizonte temporal de esta investigación es del año 2020-al 2022.

El sistema de estudio está conformado por más de 30 organizaciones relacionadas con el sector aeronáutico de MRO del estado de Querétaro según el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI, 2023). Estas empresas registran una inversión extranjera de más de 1,300 millones, por lo que la entidad cuenta con el índice más alto de inversión extranjera directa de todo el país. Las unidades de análisis a su vez forman parte del clúster aeronáutico del estado, y se caracterizan por ser de las organizaciones más representativas del sector aeronáutico de mantenimiento (MRO's) a nivel nacional.

La importancia de estudiar a la industria aeronáutica y en especial a las empresas de mantenimiento aéreo, radica principalmente en su gran relevancia en el plano económico y social del país, ya que en los últimos años el sector ha tenido un crecimiento del 17% anual, generando más de 10 mil empleos tan solo en la entidad, lo cual representa un 20% del empleo nacional en la industria (FEMIA, 2017). El bajo crecimiento económico en México y la necesidad de generar ventajas competitivas sostenibles en un sector con grandes oportunidades de crecimiento pero también con

grandes desafíos hacia el futuro, hace relevante a la gestión tecnológica con enfoque prospectivo, pues se considera que tiene amplias posibilidades para el desarrollo e innovación dentro del sector.

El mantenimiento aéreo puede definirse como las actividades empresariales que tiene que ver con el reacondicionamiento, modificación y mantenimiento de aeronaves. Las operaciones de este tipo de actividades conllevan desde servicios simples en línea, hasta servicios muy especializados como el mantenimiento mayor, donde se modifican estructuras fundamentales para las operaciones de vuelo de las aeronaves.

En este rubro el estado de Querétaro es la región más destacada del país, ya que es una de las entidades con mayores centros de mantenimiento a nivel nacional, algunos de los cuales son considerados como de alta especialización. Destacándose también en ámbitos como la manufactura (ProMéxico, 2017).

Por su parte la prospectiva es considerada como el proceso previo a la toma de decisiones y a la ejecución de acciones concretas para tomar ventaja de un futuro con altas posibilidades de ocurrencia. En este sentido la prospectiva puede ayudar a desarrollar políticas y estrategias alineadas a la orientación de la empresa, esto les permitirá a su vez alcanzar una práctica ejecutiva mejor estructurada y más eficiente para el día a día, de tal modo que los gerentes y directores de las organizaciones puedan tomar en cuenta los objetivos a largo plazo y contemplarlos en la toma de decisiones diarias (Ortiz y Nagles, 2017).

En este sentido, un estudio prospectivo comprende generalmente de dos fases según Rincón y Mujica (2009): la construcción de la base y a partir de ella, la elaboración de escenarios que conduzcan al establecimiento de previsiones por escenarios.

En la primera fase, se busca generar el contexto del fenómeno de estudio, el cual debe de ser detallado, para obtener evidencias de posibles tendencias pasadas de comportamiento, así como los hechos portadores de futuro en el sistema, para lo cual se debe delimitar el sistema, elaborando una lista lo más completa posible de las variables que deben tenerse en cuenta, con la finalidad de tener una visión global del sistema estudiado.

En consecuencia la segunda fase que corresponde a la elaboración de los escenarios, analiza los factores motrices, las tendencias y las estrategias de actores clave que se obtienen de la fase antecesora, en este sentido, el análisis permite la construcción de los escenarios que se prospectan hacia el futuro. Sin embargo, como la evolución de las tendencias que se utilizan en dicho análisis no siempre son posibles o ciertas, el método estipula que se requieren hipótesis, donde a cada hipótesis corresponderá un escenario que se puede construir y cuya realización es más o menos probable según lo estipula la medición propuesta por el método seleccionado.

Así mismo, el método por escenarios que menciona Godet (2007), se hace valer de un Sistema y Matriz de Impactos Cruzados (SMIC), la cual permite obtener a partir de probabilidades asignadas a las hipótesis, una jerarquía clasificada por probabilidades de ocurrencia, donde dicho método se hace valer de la consulta de expertos para la medición de las probabilidades de ocurrencia de los escenarios planteados.

El panel de expertos conformado para la investigación, conto con perfiles de niveles directivos y gerenciales, los cuales representan a las empresas más importantes que integran el sistema de MRO de la región Queretana, así como de organizaciones gubernamentales y académicas de alto prestigio, tales como:

- TechOps México (AM DL MRO JV, S.A.P.I. de C.V.)
- Safran Aircraft Engines México (Safran Mexico S.A. DE C.V.)
- ITR-Turborreactores, S.A. de C.V. (Querétaro)
- Aerovías de México S.A. de C.V. (Aeroméxico)
- SENAM (División de Aeronáutica)
- Universidad Aeronáutica de Querétaro (UNAQ)
- Agencia Federal de Aviación Civil (AFAC)

Así mismo, el proceso mediante el cual se logró desarrollar el análisis estructural para la determinación de las variables o problemas clave. Esenciales para el establecimiento de los escenarios, fue mediante el uso de la técnica de entrevistas semiestructuradas, utilizando una guía metodológica de preguntas abiertas para la integración de las categorías.

En este sentido se contó con la participación de (16) expertos en los proceso de conformación de planes de expertos y entrevistas semiestructuras. Todos ellos con perfiles directivos y gerenciales, con cargos enfocados en las siguientes áreas:

- Dirección General
- Gerencia de Mantenimiento
- Gerencia de Control de Producción
- Gerencia de Planeación
- Gerencia Técnica
- Dirección (Leasing and Finance)
- Dirección de Seguridad Aérea

Presentación y Discusiones de Resultados

Para la realización del análisis estructural del método por escenarios, se contemplaron los siguientes aspectos: definición de las variables del problema, matriz de relaciones y análisis de posicionamiento de las variables o problemas.

En la tabla 1 se muestra la definición de las variables o problemas de estudio. La cual, consiste en la lista detallada de las variables o problemas que caracterizan al sistema constituido por el fenómeno de estudio y su contexto. Mediante un panel de expertos, conformado por especialistas ampliamente inmersos en el tema de estudio.

Tabla 1

Definición de los problemas de estudio.

Problema	Definición
P1	Escasa participación de empresas nacionales en la cadena de suministros del sector.
P2	Escasa utilización de los centros nacionales de investigación y desarrollo.
P3	Inexistencia de centros de gestión tecnológica para impulsar la asimilación y aprendizaje tecnológico.
P4	Limitada utilización de contratos tecnológicos para la implementación de nuevos procesos.
P5	Limitada participación en la vinculación con instituciones académicas.
P6	Limitada estimulación del sector hacia la innovación tecnológica.
P7	Incremento de barreras normativas para la innovación de procesos.
P8	Poca participación empresarial en los servicios de alta especialización en el sector.

Fuente: Elaboración propia mediante el panel de expertos.

Una vez estipulados los problemas de estudio, se procedió a la generación de la matriz de relaciones estructurales entre problemas, la cual consiste en definir la relación entre los problemas

anteriormente identificados, mediante el uso de una matriz de doble entrada, donde se codifica la intensidad de dichas relaciones con base en la siguiente escala mostrada en la tabla (2):

Tabla 2

Escala de relaciones estructurales

Intensidad	Descripción
0	No existe relación
1	Relación de influencia débil
2	Relación de influencia media
3	Relación de influencia fuerte

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos por consenso en el panel de expertos se muestran en la tabla (3), donde los valores obtenidos representan la intensidad con la que se relaciona cada par de variables. También se presenta la suma de los valores por fila que representan el grado de motricidad (x) de una variable sobre las demás, y donde la sumatoria de los valores por columna representa el grado de dependencia (y) de esa misma variable con relación a las demás.

Tabla 3

Matriz de relación entre las variables

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	Motricidad	%
1		1	2	3	1	3	3	3	16	11.51
2	1		3	3	3	3	2	3	18	12.95
3	2	3		3	3	2	1	3	17	12.23
4	3	3	2		2	1	2	3	16	11.51
5	2	3	3	2		2	3	3	18	12.95
6	3	3	3	3	3		3	3	21	15.11
7	1	2	1	2	2	2		3	13	9.35
8	3	3	3	2	3	3	3		20	14.39

Dependencia	15	18	17	18	17	16	17	21	139	100.00
%	10.79	12.95	12.23	12.95	12.23	11.51	12.23	15.11		100.00

Fuente: Elaboración propia.

De manera general los resultados obtenidos a través de la matriz de relaciones estructurales se muestran a continuación en la tabla (4) resaltando los valores primordiales, los cuales son la motricidad y dependencia de las variables. En este sentido, la motricidad es comprendida como el porcentaje de influencia que tiene una variable sobre las demás, es decir, el poder de influencia. Por otro lado la dependencia es entendida como el porcentaje de subordinación de cada variable con respecto a otras, es de decir, que tanto el comportamiento de una variable se ve afectado por los cambios realizados en otras variables (Rincón y Mujica, 2009).

Tabla 4

Motricidad y dependencia

Variable (#)	Dependencia (%)	Motricidad (%)	Zona (Ubicación)
P1	10.79	11.51	Zona de conflicto
P2	12.95	12.95	Zona de conflicto
P3	12.23	12.23	Zona de conflicto
P4	12.95	11.51	Zona de conflicto
P5	12.23	12.95	Zona de conflicto
P6	11.51	15.11	Zona de conflicto
P7	12.23	9.35	Zona de conflicto
P8	15.11	14.39	Zona de conflicto

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 1 se observa la zona que le corresponde a cada variable. Donde el objetivo del análisis es interpretar el conjunto de problemas en función de su posición en cada uno de los cuadrantes, con base en los valores obtenidos de motricidad y dependencia. Ya que dicha posición representa las zonas de poder, conflicto, salida y autonomía de cada variable estudiada.

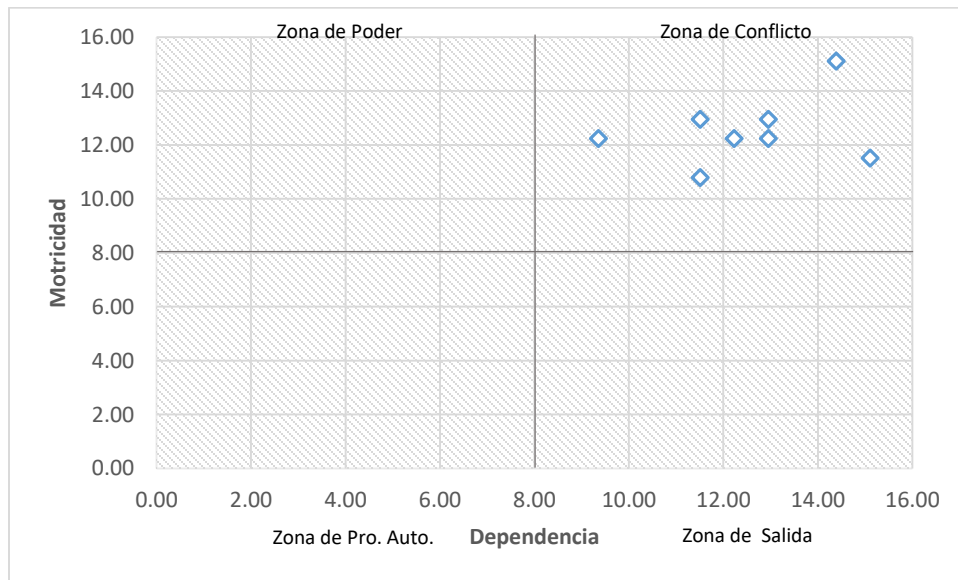
Los problemas ubicados en la zona de poder se caracterizan por presentar alta motricidad y baja dependencia, significa que las acciones que se derivan de ellos tienen la capacidad de influir significativamente en el comportamiento del sistema. A su vez, los problemas ubicados en la zona de conflicto se caracterizan por presentar alta motricidad y dependencia; significa que las acciones que

se deriven de ellos tienen la capacidad de generar situaciones conflictivas en el comportamiento del sistema. En el caso de la investigación realizada todas las variables se encuentran en dicha zona de conflicto, lo que significa que las variables o problemas estipulados están relacionados de manera directa con el sistema.

En este sentido, se considera que las variables que guardan un menor nivel de dependencia y tienen un alto nivel de motricidad, son las variables en las cuales las acciones que se deriven de estas, serán menos conflictivas y tendrán una gran influencia en el sistema. Así mismo, las variables que presentan bajos niveles en la dependencia y bajos niveles en la motricidad indican que las acciones que se dirigen a generar algún cambio hacia ellas, no influirán de manera amplia en el sistema, es decir, su impacto será mínimo hacia la solución principal del problema (Rincón y Mujica, 2009).

Grafica 1

Dispersión de las variables



Fuente: Elaboración Propia

En este sentido, se realizó la selección de los problemas o variables clave del estudio. Los cuales, son aquellos que presentan un alto nivel de motricidad y dependencia, y que a su vez se encuentren ubicados en una zona de poder o conflicto. En este caso todas las variables o problemas seleccionados, se encuentran en la zona de conflicto.

Tabla 5*Definición de los problemas clave*

Problema	Definición
P2	Escasa utilización de los centros nacionales de investigación y desarrollo.
P4	Limitada utilización de contratos tecnológicos para la implementación de nuevos procesos.
P5	Limitada participación en la vinculación con instituciones académicas.
P8	Poca participación empresarial en los servicios de alta especialización en el sector.

Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia con la metodología planteada por escenarios, se realiza la postulación de hipótesis para cada escenario clave (tabla 6) con la finalidad de medir su probabilidad de ocurrencia mediante el panel de expertos (tabla 7).

Tabla 6*Definición de los problemas clave*

Problema	Hipótesis
P2	H1: En los próximos 5 a 10 años el Sector de Mantenimiento Aéreo utilizara ampliamente los servicios de centros nacionales de investigación y desarrollo.
P4	H2: El sector de (MRO) en los próximos 5 a 10 años contara con un alto nivel de contratos tecnológicos para la implementación de nuevos procesos.

- H3: El Sector de Mantenimiento Aéreo contara con un alto nivel de vinculación con instituciones académicas en el periodo comprendido del 2020 al 2030.
- P5**
- H4: En los próximos 10 años se contara con una alta participación empresarial en los servicios de alta especialización en el Sector de Mantenimiento Aéreo.
- P8**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7

Resultados del cuestionario SMIC

(Hipótesis y Probabilidades)

H1	H1/H2+	H1/H3+	H1/H4+	H1/H2-	H1/H3-	H1/H4-
0.5	0.7	0.7	0.9	0.5	0.7	0.3
H2	H2/H1	H2/H3	H2/H4	H2/H1-	H2/H3-	H2/H4-
0.5	0.9	0.7	0.7	0.3	0.5	0.3
H3	H3/H1	H3/H2	H3/H4	H3/H1-	H3/H2-	H3/H4-
0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.5	0.7
H4	H4/H1	H4/H2	H4/H3	H4/H1-	H4/H2-	H4/H3-
0.7	0.9	0.9	0.9	0.3	0.5	0.5

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla (7) de resultados, se pueden observar las probabilidades obtenidas para cada hipótesis postulada, así como también su probabilidad de ocurrencia si otra hipótesis se cumple o no, es decir, su nivel de codependencia entre hipótesis según el cumplimiento o no de dicha hipótesis. Estas se pueden ver afectadas en su probabilidad de ocurrencia, por ejemplo, la probabilidad de que

la hipótesis (H2) se cumpla es de 50% , pero este porcentaje se ve aumentado si la hipótesis (H1) también se cumpliera, alcanzando así un valor del 90% de probabilidad de ocurrencia, en este mismo sentido la hipótesis (H2) también podría disminuir su probabilidad de ocurrencia al 30% si la hipótesis (H4) no se cumpliera, es decir, se observa su nivel de condicionalidad con respecto al cumplimiento de otras hipótesis.

En otras palabras, la hipótesis de que el sector MRO en los próximos 5 a 10 años contara con un alto nivel de contratos tecnológicos para la implementación de nuevos procesos es del 50%, pero si a su vez, se cumple con la hipótesis de que el sector de mantenimiento aéreo utilizara ampliamente los servicios de centros nacionales de investigación y desarrollo, la probabilidad de ocurrencia se incrementa al 90 %, donde también se observa que si no se cumple con la hipótesis (H4), de que se cuente con una alta participación empresarial en los servicios de alta especialización en el sector, la probabilidades de ocurrencia, disminuyen al 30% en este escenario.

En este sentido la probabilidad de ocurrencia de la hipótesis (H1) es del 50%, pero esta probabilidad se ve incrementada si la hipótesis (H4) se cumple, es decir, si se logra contar con una alta participación empresarial en los servicios de alta especialización del sector de mantenimiento aéreo, alcanzando un 90% de probabilidad de ocurrencia, pero a su vez si no se cumple con las hipótesis (H4), la probabilidad disminuye al 30% de ocurrencia.

En consecuencia la probabilidad de que el sector de mantenimiento aéreo cuente con un alto nivel de vinculación con instituciones académicas en el periodo comprendido del 2020 al 2030 es del 70%, y puede incrementar al 90% de probabilidad de ocurrencia si se logra tener una alta participación en el mercado de alta especialización en los servicios de MRO. Pero a su vez, este escenario se puede ver afectado en una disminución de la probabilidad de ocurrencia, llegando a tener solo un 30% de probabilidad, si es que la región Queretana sigue con un limitado uso de contratos tecnológicos para la implementación de nuevos proceso avanzados.

Para la probabilidad de ocurrencia calculada de la hipótesis (H4), tenemos un 70% y se puede ver incrementada en un 90% si las hipótesis 1,2 y 3 se logran cumplir, esto significa que la region lograría contar con una alta participación en el mercado de servicios especializado de MRO, si es que dicho sector logra utilizar ampliamente los servicios ofrecidos por los centros nacionales de investigación y desarrollo, así como hacer uso de los contratos tecnológicos para la implementación de proceso tecnológicos nuevos de manera consistente y a su vez contar con una alta capacidad de vinculación con las instituciones académicas.

La escala utilizada para definir la probabilidad de ocurrencia de los escenarios, es la mostrada en la siguiente tabla 8.

Tabla 8

Escala de probabilidad

Probabilidad	Significado
0.9	Evento muy probable
0.7	Evento probable
0.5	Evento de dudosa ocurrencia
0.3	Evento Improbable
0.1	Evento muy improbable

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del estudio prospectivo permiten observar que existe un alto grado de concordancia entre los expertos en el sector de mantenimiento aéreo sobre la evolución del sistema MRO, el cual principalmente podría evolucionar hacia servicios de mayor especialización. Se infiere que la demanda global de servicios especializados en mantenimiento, se deberá esencialmente a las nuevas tecnologías con las que contarán las nuevas y modernas aeronaves en el horizonte temporal planteado.

Así mismo la evolución hacia el uso de contratos tecnológicos para la adquisición de tecnologías que logren efficientar los proceso de mantenimiento serán cada vez más frecuentes y redituables, se aduce que esto podrá generarse debido a una mayor integración entre la industria y la academia, facilitándose los proceso de transferencia y desarrollo tecnológico conjunto.

En este sentido se prevé que el uso de los sistemas de los centros de investigación y desarrollo, tanto públicos como privados. Se integren de manera eficiente al sistema MRO, para la atención y cumplimiento de la demanda en materia de certificaciones e inspecciones de componentes de alto valor para el mantenimiento de las aeronaves; tales como araneses y cables, componente de motores y sistemas de aterrizaje, así como para la realización de pruebas no destructivas.

Finalmente se considera que el sistema podría evolucionar hacia la integración de empresas nacionales en la cadena de valor aeronáutica, principalmente en el eslabón de la suministración. Se infiere que dicha integración sería necesaria para cubrir las demandas crecientes de las organizaciones de mantenimiento aeronáutico, con la finalidad de disminuir costos de importaciones y exportaciones de equipos y componentes para su reparación.

Conclusiones

Al realizar el análisis de toda la información recabada, se logró el diseño de los escenarios para las empresas del mantenimiento aéreo. Donde se obtuvieron de manera clara y concisa, tres tipos de escenarios: optimista, medio y pesimista:

Escenario Optimista: el presente escenario está acompañado de las hipótesis (3) y (4) donde el Sector de Mantenimiento Aéreo contara con un alto nivel de vinculación con instituciones académicas en el periodo comprendido del 2023 al 2033 para el desarrollo tecnológico de las empresas en dicho sector, donde a su vez la región Queretana lograra una mayor participación en el mercado de alta especialización en los servicios de MRO en un periodo contemplado de 10 años.

Escenario Medio: este escenario está relacionado con la hipótesis (4) y (1) donde se puede decir que es medianamente probable que en los próximos 10 años Querétaro contara con una alta participación empresarial en los servicios de alta especialización en el Sector de Mantenimiento Aéreo, donde las empresas del sector aran un amplio uso de los servicios ofrecidos por los centros nacionales de investigación y desarrollo.

Escenario Pesimista: para este escenario se consideran la hipótesis donde el sector del MRO en los próximos 5 a 10 años contara con un alto nivel de contratos tecnológicos para la implementación de nuevos procesos. En este sentido, no se prevén cambios profundos en la situación que presenta el sistema, pero debe tomarse en cuenta ya que podría ser un buen punto de partida y área de mejora para el desarrollo tecnológico.

El estudio presentado logro confirmar la aplicabilidad de la metodología prospectiva mediante el uso de la técnica por escenarios en un contexto latinoamericano, dentro de un sector industrial de alta especialización, para analizar la posible evolución del sistema de mantenimiento aeronáutico. Por ello, la investigación aporta nuevo conocimiento a las organizaciones que deseen realizar estudios de similar naturaleza. Sin embargo, deberán considerar que un estudio de este tipo conlleva un desarrollo que toma de 2 a 3 años poder concluir de manera satisfactoria.

Esta es una de las principales limitantes de este tipo de estudios, ya que su desarrollo requiere de mayor tiempo que otro tipo de herramientas prospectivas, como el Road Map. Sin embargo, ninguna de estas otras herramientas cuenta con el grado de profundidad y comprensión de la evolución de un sistema, como la herramienta metodología de un estudio prospectivo mediante la técnica por escenarios.

Así mismo este estudio logra generar información de alto valor agrado sobre las principales problemáticas de un sector, mediante un enfoque sistémico. Logrando así, dar luz en las áreas donde las investigaciones anteriores enfocadas en el sector, no lograron llegar. En este sentido, el estudio logra confirmar la aplicabilidad de un método prospectivo en el contexto nacional, en una industria novedosa de alta especialización. Generando así nuevo conocimiento sobre la idoneidad de un método aplicado en entornos altamente competitivos.

Por tal motivo se plantean nuevos cuestionamientos que sientan las bases para la continuidad de la investigación sobre las siguientes líneas:

-sobre las estrategias más adecuadas para el desarrollo de un sector con amplias posibilidades de crecimiento en México.

-sobre las políticas públicas requeridas para potenciar el crecimiento del mantenimiento aeronáutico en el país.

Referencias

Casalet, M., Buenrostro, E., Stezano, F., Oliver, R. y Abelenda, L. (2011). *Evolución y complejidad en el desarrollo de encadenamientos productivos en México: Los desafíos de la construcción del cluster aeroespacial en Querétaro*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3945>

Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial FEMIA. (2017). *Pro-Aero 2.0: Programa Estratégico de la Industria Aeroespacial*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/314141/ProA_reo2.0_publicar_050418.pdf

Godet, M. (2007). *Manual de Prospectiva Estratégica*. Ed. Dunod.

Hernández, C., J. (2015). *Las empresas mexicanas en la cadena de valor de la industria aeronáutica*. Tesis Doctoral, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Repositorio Institucional FLACSO. <https://flacso.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1026/14>

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2023). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. DNUE. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>

León, M., Bravo, A y Ugando, M. (2021). Estudio prospectivo: escenarios probabilísticos del sector de la producción de aceite de palma en la provincia de Esmeraldas al 2025. *South Florida Journal of Development*, 4(4), 5094-5110. <https://ojs.southfloridapublishing.com/ojs/index.php/jdev/article/view/663>

Ortiz, E. y Nagles, N. (2018). *Gestión tecnológica e innovación- Teoría, Proceso y Practica*. Ediciones EAN.

ProMéxico. (2018). *Mapa de ruta del sector aeroespacial para la región de Querétaro*. <https://docplayer.es/98267936-Mapa-de-ruta-del-sector-aeroespacial-para-la-region-de-queretaro.html>

- Rincón, S. y Mujica, N. (2009). Estudio prospectivo de la gestión tecnológica en las empresas del sector metalmecánico del estado Zulia. *Revista Venezolana de Gerencia*, 9 (26). <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/rvg/issue/view/1264>
- Velásquez, M., Giraldo, H., y Botero, E. (2020). Análisis de Escenarios Futuros como Método Prospectivo para la Mesa Sectorial de Diseño, Confección y Moda en Colombia. *Espacios*, 41 (21), 375-390. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n21/20412129.html>
- Villavicencio, D., Hernández, J. y Souza, L. (2013). Capacidades y oportunidades para el desarrollo de la industria aeronáutica en Querétaro. In Flacso (Ed.), *La industria aeroespacial: complejidad productiva e institucional* (pp. 49–91). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.