

ESTUDIO COMPARATIVO DE MÉTODOS MULTICRITERIO. CASO: SELECCIÓN DE PROVEEDORES DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA

Miropolsky, Ariel; Tavella Marcelo, Tavella, Demián, Manera, Roxana
CITED. UTN – FRC, Maestro López esq. Cruz Roja. S/N. Ciudad Universitaria, Cba. Capital
cited.utn@gmail.com

Resumen

La Fábrica Argentina de Aviones (FAdeA), localizada en la ciudad de Córdoba, desempeñó un importante rol en la historia económica de nuestro país, como polo impulsor del desarrollo industrial, especialmente durante el período en que estuvo vigente el llamado modelo de industrialización por sustitución de importaciones (ISI).

Sin embargo, como consecuencia de los altibajos en la historia aeronáutica argentina, en las últimas décadas se ha ido perdiendo el conocimiento en la materia y reduciendo el listado de empresas capaces de fabricar y proveer productos e insumos aeronáuticos.

En esta línea, la selección de proveedores adquiere importancia relevante en la logística y la gestión de la cadena de suministros, y por tanto se debe mitigar y eliminar cualquier subjetividad en el proceso de decisión dado el riesgo que conlleva una mala elección en el rubro de las aeropartes. Es por ello, que la utilización de un método multicriterio apropiado facilita la elección, ya que permite considerar las preferencias con una orientación más objetiva en el proceso de selección de proveedores de insumos aeronáuticos.

Este trabajo investigativo realizó un estudio comparativo entre los diferentes métodos y técnicas multicriterio, entre los que se pueden mencionar el AHP, el Scoring, el Scoring Normalizado, los métodos Electre, Promethee, TOPSIS y ANELOS, aplicados a la selección de proveedores de la industria aeronáutica de la provincia de Córdoba. Se analizaron las ventajas y desventajas de cada uno, para finalmente seleccionar dos de ellos cuya versatilidad y adaptabilidad los hacen idóneos para satisfacer la necesidad objeto de este estudio.

Abstract

The Argentine Aircraft Factory (FAdeA), located in the city of Córdoba, played an important role in the economic history of our country, as a driving force for industrial development, especially during the period in which the so-called import substitution industrialization model (ISI).

However, as a consequence of the ups and downs in Argentine aeronautical history, in recent decades knowledge on the subject has been lost and the list of companies capable of manufacturing and providing aeronautical products and supplies has been reduced.

Along these lines, the selection of suppliers acquires relevant importance in logistics and supply chain management, and therefore any subjectivity in the decision process must be mitigated and eliminated given the risk that a poor choice entails in the field of the aeroparts. For this reason, the use of an appropriate multi-criteria method facilitates the choice, since it allows preferences to be considered with a more objective orientation in the process of selecting suppliers of aeronautical inputs.

This investigative work carried out a comparative study between the different multi-criteria methods and techniques, among which we can mention the AHP, the Scoring, the Normalized Scoring, the Electre, Promethee, TOPSIS and ANELOS methods, applied to the selection of industry suppliers . aeronautics of the province of Córdoba. The advantages and disadvantages of each one were analyzed, to finally select two of them whose versatility and adaptability make them ideal to satisfy the need object of this study.

Palabras clave: Métodos multicriterio, selección de proveedores, industria aeronáutica.

Introducción

La actividad aeronáutica en Argentina se remonta a más de un siglo, comenzando en 1907 con los vuelos en globos aerostáticos y ganó importancia en el sector militar con la creación de la Fábrica Militar de Aviones _actual Fábrica Argentina de Aviones «Brigadier San Martín» S. A. (FAdeA)_, en la ciudad de Córdoba en 1927, misma que se convirtió con el tiempo en un referente industrial del país y de Sudamérica. Sin embargo, factores históricos, económicos y políticos afectaron negativamente la capacidad de producción y el conocimiento en el sector. Para revertir esta tendencia, se promulgó la Ley 27.565 en 2020, creando el Fondo Nacional de la Defensa (FONDEF) [1], destinado a financiar el reequipamiento de las Fuerzas Armadas y fomentar la industria nacional. FAdeA juega un papel clave en este proceso, colaborando con PYMEs locales para sustituir importaciones de materiales aeronáuticos.

En base a lo anterior, se decidió tomar como caso testigo los proyectos de FAdeA, ya que potenciados con la implementación del FONDEF [2], tiene la posibilidad de contratar proveedores locales que suministren materiales aeronáuticos que históricamente fueron adquiridos en el exterior.

En cuanto a la selección de proveedores, en la gestión de la cadena de abastecimiento puede agruparse en tres formas: compras realizadas por primera vez, recompras modificadas y recompras rutinarias. Esto afecta en gran medida la forma en la que se da la selección del proveedor y el tipo de relación que se pueda establecer con él [3].

Este proceso incluye etapas como la definición del problema, criterios de evaluación, calificación y selección final de proveedores. Además de buscar alta calidad a bajos costos, lo que constituye una de las tendencias del siglo XXI [4], también es necesario evaluar múltiples aspectos más allá del económico, incluyendo una gran cantidad de criterios de diversa naturaleza [5].

Los criterios a considerar en la selección de proveedores incluyen:

- Productividad/capacidad técnica: adecuación de maquinaria, proveedor propio de materiales, capacidad de producción. [6].
- Calidad: certificados conforme a normas ISO, certificados de gestión ambiental, departamento de metrología para control de calidad [7].
- Servicio: entrega al sitio, asesoría en diseño/manufactura, solución de problemas de maquinado/montaje [8].

- Financiero: razón corriente, nivel de endeudamiento, capital de trabajo [9].
- Ambientales: diseño y composición del producto, efecto post-consumo, prácticas de gestión ambiental del proveedor [10].
- Sociales: referido a las relaciones laborales de los proveedores con sus trabajadores, cumplimiento de requisitos laborales, certificación según la legislación local y la OIT.

Además de estos criterios, es crucial desarrollar proveedores desde una perspectiva sustentable, integrando criterios ambientales y sociales en la selección. Las compras sustentables consideran que la responsabilidad de una empresa se extiende a toda la cadena de valor desde los proveedores hasta los consumidores finales [10].

Históricamente, la selección de proveedores se basaba en criterios económicos, pero actualmente muchas empresas incorporan criterios sociales y ambientales para proteger su reputación, evitando el impacto negativo de las actuaciones irresponsables para garantizar resultados económicos sostenibles. La responsabilidad empresarial se extiende a lo largo de toda la cadena de suministro.

En cuanto a los métodos o técnicas para seleccionar proveedores de manera efectiva, se considera oportuno analizar las técnicas multicriterio, también conocidas como lógica difusa. Estos métodos permiten incluir una amplia variedad de parámetros cualitativos y cuantitativos en el análisis [11] - [13]. Estas técnicas implican:

1. Evaluar un conjunto finito de alternativas.
2. Utilizar una familia de criterios de evaluación con pesos asignados por el decisor.
3. Crear una matriz de decisión que resume la evaluación de cada criterio.
4. Aplicar una metodología de agregación de preferencias para determinar la mejor alternativa.
5. Realizar un proceso de toma de decisiones consensuado entre los interesados.

Métodos y Herramientas

Para llevar a cabo este estudio y partiendo de lo anteriormente explicado, que los métodos de decisión multicriterio (MCDM) son una fuerte herramienta para realizar estudios de selección de proveedores de la industria aeronáutica, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura relacionada con métodos multicriterio, su origen y las diferentes escuelas existentes, criterios relevantes a la selección de proveedores, lo cual proporcionó una base teórica

sólida para el estudio y permitió llegar a la elección de aquellos métodos considerados más pertinentes para la naturaleza del caso analizado.

Para dicha búsqueda bibliográfica, se utilizaron diferentes medios disponibles como libros y capítulos de libros, tanto virtuales como impresos, que pueden encontrarse disponibles, por ejemplo, en la biblioteca de UTN FRC, artículos y publicaciones científicas de diferentes buscadores especializados, publicaciones y artículos realizados por el centro de investigación sede de este estudio, noticias e información de medios oficiales nacionales o provinciales, como por ejemplo Ministerio de Defensa, el Museo de la Industria "Brig. My. Juan Ignacio San Martín" y otra búsqueda de material por internet que se consideró que posee la calidad y aplicabilidad para un trabajo de investigación.

Desarrollo

En cuanto a los métodos o técnicas para seleccionar proveedores, se considera oportuno analizar las técnicas multicriterio.

A continuación, se explicará en qué consisten, detallando algunos de ellos y por último eligiendo aquellos que se los considere mejores para realizar el análisis.

Descripción de los Métodos Multicriterio

Los métodos multicriterio [14], no buscan encontrar una solución óptima, sino seleccionar la mejor alternativa, aceptar las buenas y rechazar las malas, y generar un orden (ranking) de las opciones consideradas (de la mejor a la peor). Estas herramientas son útiles en contextos complejos de decisión, permitiendo la participación de todas las partes interesadas en el proceso con diferentes puntos de vista.

Desde un punto de vista epistemológico, la decisión multicriterio aparece en el campo de la Economía, ligada a los trabajos de los economistas a finales del siglo XIX y principios del XX sobre el comportamiento de los consumidores a la hora de elegir en la compra de un producto.

La formulación adoptada en esta época consistía en postular que los agentes económicos buscan maximizar sus funciones de utilidad, las cuales expresan la elección del consumidor o del productor.

Sin embargo, en 1896 Vilfredo Pareto mostró que en situaciones en la que varios agentes económicos realizan elecciones diferentes y en conflicto, éstos no podían obtener su satisfacción máxima al mismo

tiempo ya que siendo los recursos limitados, lo que uno gana lo hace en detrimento de otro [12]. Estas situaciones se denominan óptimos de Pareto. Ante esta problemática surgieron las técnicas de decisión multicriterio con el objetivo de resolver estas situaciones y hallar el modo de satisfacer, en la medida de lo posible, al mayor número de agentes económicos, intentando buscar un equilibrio entre los intereses contrapuestos de éstos. Las técnicas de toma de decisión multicriterio, como tal, ha sido materia de investigación desde los años 40 y ha tenido un importante desarrollo en las últimas décadas.

A partir de aquí se plantean los problemas multicriterio que se clasifican en dos categorías, los de programación múltiple objetivo, como una rama de la Programación Matemática que se ocupa de problemas de optimización con más de una función objetivo [15] y los de evaluación multicriterio. En este caso, se hará énfasis en los de la segunda categoría. La mayoría de estos métodos pertenecen a dos escuelas principales de métodos multicriterio, la Escuela Americana y la Escuela Europea.

Enfoques Americanos

• *Método del Proceso Analítico Jerárquico (AHP)*

El Método del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es una metodología eficaz para organizar y analizar información compleja. Según Saaty (1980) [16], citado por Martínez Rodríguez (2007) [17], el AHP descompone problemas en subproblemas y luego integra sus soluciones en una conclusión final. Este método incluye varios pasos clave: creación de un modelo jerárquico con metas, criterios, subcriterios y alternativas; priorización de elementos mediante comparaciones binarias; asignación de pesos a los elementos; ranking de alternativas basado en estos pesos; y síntesis y análisis de sensibilidad para visualizar los efectos de cambios en los niveles del modelo.

El AHP permite una representación gráfica del problema y facilita la incorporación de preferencias de diversos actores en procesos participativos de toma de decisiones. Los axiomas básicos del AHP, según García Cascales (2009) [12], incluyen la comparación recíproca, la homogeneidad, que limita las preferencias a una escala específica, la independencia (entre criterios y propiedades de las alternativas) y el axioma de las expectativas que contempla la completitud de la jerarquía. La metodología del AHP comienza con la formulación del problema en una estructura jerárquica que incluye objetivos, criterios y

alternativas, asegurando que los elementos de un mismo nivel sean comparables.

La metodología del AHP comienza con la formulación del problema en una estructura jerárquica que incluye objetivos, criterios y alternativas, asegurando que los elementos de un mismo nivel sean comparables.

Esta jerarquía desglosa el problema en niveles que facilitan la toma de decisiones, relacionando los elementos de cada nivel con los del siguiente. La jerarquía debe ser completa, no redundante y mínima, incluyendo todos los aspectos relevantes del problema de manera clara y concisa. Este proceso requiere consenso entre todas las partes involucradas en la toma de decisiones. Una vez establecida la estructura jerárquica, se inicia la valoración de los elementos mediante comparaciones binarias. En esta fase, los decisores emiten juicios de valor para determinar la importancia relativa de los criterios y alternativas.

En la figura 1, se muestra un esquema del modelo jerárquico [17].



Figura 1: Esquema de modelo jerárquico
Fuente: (García Cascales, 2009)

Estas comparaciones reflejan la dominación relativa en términos de importancia, preferencia o probabilidad de un elemento sobre otro. El AHP utiliza una escala de medida propia, la escala 1-9 propuesta por Saaty, que se muestra a continuación en la tabla 1, y que permite evaluar tanto factores cuantitativos como cualitativos [12].

Según esta tabla, el método permite a los decisores expresar preferencias entre dos elementos de manera verbal y numérica, asignándoles valores de 1 (igual) a 9 (extrema) con números pares para situaciones intermedias. Esta escala, que refleja subjetividad y conocimiento del decisor, ha sido teóricamente justificada y empíricamente validada en diversas situaciones reales [17].

Tabla 1: Escala fundamental de comparación pareada

1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio
3	Moderadamente más importante un elemento que en otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente a otro
5	Fuertemente más importante un elemento que en otro	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente a otro
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro	Un elemento domina al otro con el mayor orden de dominación posible
2,4,6,8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores subyacentes

El AHP produce una "Matriz de comparaciones pareadas" (matriz cuadrada, recíproca y positiva), reflejando la intensidad de preferencia entre elementos respecto a un atributo. No se requiere información cuantitativa sobre los resultados, solo juicios de valor del decisor. Posteriormente, se calculan las prioridades locales (dentro de un mismo nodo), globales (respecto al nodo inicial) y totales (mediante la agregación de prioridades globales) de cada elemento para ordenar las alternativas y seleccionar las más adecuadas. La consistencia del proceso se evalúa mediante la "Razón de Consistencia" de Saaty.

Finalmente, el análisis de sensibilidad evalúa cómo los cambios en las jerarquías o en los juicios pueden afectar los resultados, utilizando herramientas como Expert Choice o Super Decisions CDF para diferentes escenarios.

- **Método De Ponderación Lineal (Scoring)**

El método del Scoring, propuesto por Roche y Vejo, es una técnica rápida y sencilla para identificar la mejor alternativa en problemas de decisión multicriterio, especialmente útil en situaciones de incertidumbre o con información limitada. Consiste en crear una función de valor para cada alternativa, asumiendo la transitividad de preferencias y la comparabilidad. Aunque puede ser influenciado por la asignación de pesos a los criterios, es ampliamente utilizado por su simplicidad.

Las etapas del método incluyen: 1. Identificar la

meta del problema, 2. Identificar las alternativas, 3. Listar los criterios de decisión, 4. Asignar pesos a cada criterio, 5. Evaluar cómo cada alternativa satisface cada criterio, 6. Calcular el score de cada alternativa y 7. Ordenar las alternativas según su score, recomendando la de mayor score.

Este método permite estructurar la toma de decisiones de manera clara y ordenada [18].

El modelo para calcular el Score es:

$S_j = \sum_{i=1}^n w_i * r_{ij}$, donde r_{ij} es el rating de la Alternativa j en función del Criterio i , w_i es la ponderación para cada Criterio i , y S_j es el Score o coeficiente para la Alternativa j .

- *Método De Ponderación Lineal Normalizado (Scoring Normalizado)*

El método de ponderación lineal normalizada o scoring normalizado [19] un método semi-cuantitativo por puntos. El mismo consiste en calificar a las alternativas propuestas, a partir de una valoración de las variables ponderadas, que son objeto del análisis.

La ecuación polinómica (1) se utiliza para aplicar la calificación.

$$C_i = \frac{10 \sum_{i=1}^n v_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (1)$$

Donde $1 \leq C_i \leq 100$ es la calificación alcanzada por cada propuesta; $1 \leq v_i \leq 10$ es la valoración de las variables; $1 \leq p_i \leq 10$ es el factor de ponderación de las variables y i es la alternativa.

De esta forma, las puntuaciones obtenidas en la calificación, corresponden a un porcentaje de la alternativa ideal a la cual le corresponde el 100%.

Enfoque Europeo

- *Relación De Preferencias*

Los métodos de comparación binaria de alternativas, descritos por Roche y Vejo, se basan en comparaciones dos a dos de las alternativas, criterio por criterio, permitiendo construir un coeficiente de concordancia C_{ik} para cada par de alternativas (a_i, a_k).

Entre estos métodos destacan dos de la escuela francesa: ELECTRE y PROMETHEE. El método ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) tiene varias versiones que emplean pseudo criterios y la teoría de conjuntos difusos. Por otro lado, el método PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) se ha utilizado con éxito en problemas de ubicación y

selección de proveedores [20].

- *PROMETHEE*

El método PROMETHEE, desarrollado por Vinke y Brans en 1985 [21], construye relaciones de superación valorizadas, incorporando conceptos y parámetros comprensibles para el decisor. Utiliza pseudo criterios para evaluar el grado de superación entre pares de acciones, considerando la diferencia de puntuación en cada atributo. Estas diferencias se evalúan mediante funciones de valor según las preferencias del decisor, quien debe proporcionar los umbrales de indiferencia y preferencia.

PROMETHEE tiene varias versiones para abordar diferentes situaciones de decisión, incluyendo problemas con componentes estocásticos. Las versiones incluyen PROMETHEE II, III, IV y V, donde PROMETHEE V incorpora una filosofía de optimización entera para problemas de selección de inversiones con restricciones presupuestarias [12].

Otros Enfoques

- *Método TOPSIS*

Hwang y Yoon (1995) [22] desarrollaron la técnica TOPSIS (Technique for Oeder Preferente by Similarity to Ideal Solution) basándose en el concepto de que es deseable que una alternativa determinada se ubique a la distancia más corta respecto de una solución ideal positiva y a la mayor distancia respecto a una solución ideal negativa [23]. Estos conceptos son utilizados en la toma de decisiones multicriterio. Para un conjunto de m alternativas de decisión y n atributos, se define una matriz A cuyos elementos a_{ij} son las evaluaciones de cada alternativa respecto a cada atributo, transformadas para maximizar los criterios y asegurando que $a_{ij} \geq 0$.

La alternativa "ideal" se define como $a^+ = (a_{i1}^+, a_{i2}^+, \dots, a_{in}^+)$, donde $a_{ij}^+ = \max_i a_{ij}$. Esto se obtiene maximizando cada criterio independientemente.

Análogamente "anti-ideal" se define como: $a^- = (a_{i1}^-, a_{i2}^-, \dots, a_{in}^-)$, donde $a_{ij}^- = \min_j a_{ij}$.

La solución ideal es un conjunto de niveles ideales para todos los atributos del problema, aunque generalmente es imposible o no factible de obtener. Tanto la alternativa ideal como la anti-ideal son virtuales y no forman parte del conjunto de elección, pues de ser así, no habría un problema de decisión.

En la Figura 2 de Yoon y Hwang (1995), se muestran las posiciones de dos alternativas, A_1 y A_2 , respecto al ideal positivo (a^+) y al anti-ideal (a^-).

Las distancias euclídeas indican que A_1 no está cerca de (a^+) y A_2 está más lejos de (a^-) .

Para resolver esta ambigüedad, es necesario calcular el índice de similaridad de las dos alternativas, maximizando su distancia relativa al ideal positivo y negativo respectivamente [22].

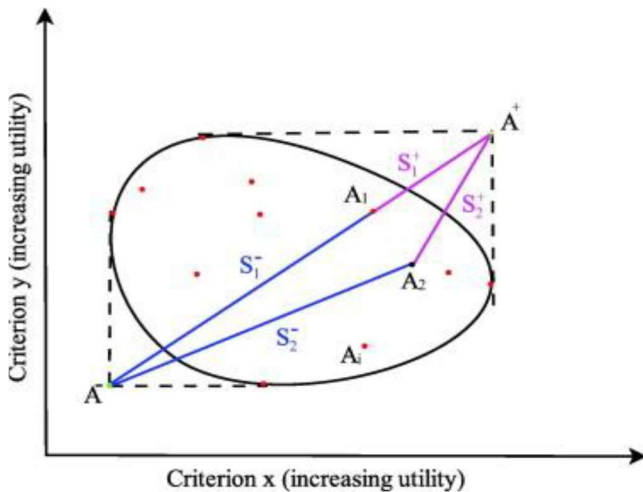


Figura 2: Gráfica de modelo de TOPSIS
Fuente: [23]

En resumen, TOPSIS define un índice de similaridad (o proximidad elativa), respecto a la solución ideal positiva, combinando la proximidad a la solución ideal positiva y lejanía respecto a la solución ideal negativa. Seleccionando luego a aquella alternativa que se ubica lo más cerca posible a la máxima solución ideal positiva.

- *Método ANELOS (Análisis Estratégico De Localización Sustentable)*

El método ANELOS, inicialmente creado para la localización de plantas bajo criterios de sustentabilidad, es también aplicable a la selección de proveedores. Este método cualitativo y matricial, sin ponderación numérica, utiliza el análisis FODA para evaluar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, proporcionando una evaluación integral de las alternativas, bajo el paradigma de la sustentabilidad [24].

El proceso incluye la recopilación de datos, definición y valoración de factores relevantes, selección de indicadores con escalas definidas, análisis detallado de la matriz de evaluación, identificación de ventajas y desventajas, y representación gráfica mediante diagramas de tortas. La evaluación se complementa con el análisis FODA

para evaluar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, junto con la evaluación de incidencias y alternativas, culminando en un ranking visual basado en banderas de colores y una evaluación numérica numérico por rankings parciales que califica a los proveedores.

Este enfoque permite seleccionar la mejor opción de proveedor basado en criterios ambientales, económicos y sociales. Tavella, Miropolsky y González (2009) [24] destacan que los métodos tradicionales son insuficientes, proponiendo una nueva metodología que integra coherentemente variables económicas, ambientales y sociales, asegurando un desarrollo sostenible. La definición y alcance de los factores, así como la especificación de criterios de calificación, es decir los marcos de referencia para cada estado del factor (color), son esenciales para la consistencia del método.

Los resultados se presentarán en gráficos circulares que muestran la distribución de colores: Verdes (Óptimo), Amarillos (Medio), Blancos (Nulo) y Rojos (Crítico), y se elaborará una matriz FODA para cada alternativa. Esto complementará en análisis aportando una visión estratégica. Finalmente, se establecerá un ranking de alternativas basándose en los resultados obtenidos.

Selección de técnicas para el estudio de selección de proveedores

En el estudio, se describieron diversas técnicas multicriterio para la selección de proveedores, incluyendo enfoques americanos como la ponderación lineal, la ponderación lineal normalizada y el AHP; enfoques europeos como la relación de superación; y otros enfoques como los métodos TOPSIS y ANELOS.

Las técnicas seleccionadas fueron AHP y la ponderación lineal normalizada debido a ambas se basan en principios distintos en la toma de decisiones y a su adaptabilidad para resolver problemas de selección de proveedores. El AHP se basa en la comparación de pares entre alternativas y criterios, mientras que la ponderación lineal normalizada asigna pesos a las variables y determina puntajes a cada una de las alternativas en función a lo que se puede percibir.

La técnica de ponderación lineal fue sustituida por la ponderación lineal normalizada porque esta última permite expresar el resultado en un porcentaje, facilitando la comparación con el ideal calificada en un 100%. La técnica TOPSIS fue descartada por la

cantidad de cálculos necesarios y la falta de software adecuado para su aplicación en una empresa en distintas situaciones diarias. La técnica ANELOS, aunque ofrece un análisis detallado y utiliza herramientas como FODA, fue descartada por requerir información detallada de las empresas, la cual no siempre está disponible en el contexto de la selección de proveedores.

Finalmente, la técnica de relación de superación, específicamente PROMETHEE, fue descartada porque, aunque se basa en la comparación por pares, este aspecto ya está cubierto por el AHP, que además incorpora elementos de los enfoques europeos de manera más sencilla y práctica.

Conclusiones

Las primeras conclusiones a sacar están vinculadas a la industria aeronáutica argentina y en particular a FAdEa, principal referente nacional del rubro. Lamentablemente la historia aeronáutica argentina sigue un curso de ascensos y descensos contantes pasando de ser pionera a nivel mundial a niveles nulos o bajos de fabricación.

En esta línea, está claro que, en la industria aeronáutica, la selección de proveedores es un aspecto crucial en las cadenas de suministro, con implicaciones económicas y operativas significativas. Los criterios de selección deben considerar costos y cuestiones comerciales, sin dejar de lado aspectos técnicos, calidad de productos, capacidad de respuesta, y aspectos financieros y legales. Además, es esencial incorporar criterios de sustentabilidad, incluyendo aspectos ambientales y sociales, para asegurar que la política de sustentabilidad de la organización se extienda no solo a sus procesos internos, sino también a sus socios comerciales. Esto requiere el compromiso de la gerencia, la identificación de aspectos económicos, sociales y ambientales, la evaluación y selección de proveedores, y la capacitación de los trabajadores en gestión de suministro, junto con un procedimiento de medición y análisis.

En referencia a los diversos métodos multicriterio se pueden extraer varias conclusiones, a saber, que se encuentran agrupados en tres grandes escuelas: americana, europea y otros enfoques. Estos métodos varían en su definición de “valor ideal” y en cómo alcanzarlo, desde comparar opciones con una alternativa ideal hasta comparar alternativas entre sí. Algunos métodos integran herramientas como el FODA, mientras que otros buscan ubicar una

alternativa en la distancia más corta respecto a una solución ideal positiva y la mayor distancia respecto a una solución ideal negativa.

La diversidad de métodos multicriterio se debe a que están diseñados para diferentes procesos de decisión, adaptándose a las variables y contextos específicos. Por tanto, la elección de un método depende del proceso de decisión específico, pudiendo aplicar uno o varios métodos según la naturaleza del estudio. En el caso del estudio realizado en FAdEa, los criterios fueron definidos en una primera instancia mediante una exhaustiva revisión bibliográfica de casos aplicados a selección de proveedores. En trabajos posteriores serán puestos en consideración y valoración mediante entrevistas con actores clave de la empresa FAdEa. Aunque existen muchas técnicas MCDM, este estudio se enfocó en algunas, seleccionando las dos más adecuadas (AHP y Scoring Normalizado), por su adaptabilidad, eficacia y pertinencia para el caso de estudio específico.

Referencias

- [1] Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. (1 de octubre de 2020). Creación del Fondo Nacional de la Defensa (FONDEF) a fin de financiar el proceso de reequipamiento de las Fuerzas Armadas.
- [2] Ministerio de Defensa. (2022). *Gestión Cultural Defensa*. Recuperado el Agosto de 2022, de <https://gestionculturaldefensa.ar/opciones/aeronav-e-pulqui-i/>
- [3] Sarache Castro, W; Castrillón Gómez, O; Ortiz Franco, L. (2009). Selección de proveedores: una aproximación al estado del arte. Recuperado de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-35922009000100008.
- [4] Wu, D., & Al., e. (2010). Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk (Vol. 200). *European Journal of Operational*.
- [5] Ho, W., Xu, X., & Dey, P. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier (Vol. 202). *European Journal of Operational Research*.
- [6] CENALPRO . (1972). En CENALPRO, *Técnicas de productividad*.
- [7] Ruiz-Canela López, J. (2004). La gestión por Calidad Total en la empresa moderna. En *La gestión por Calidad Total en la empresa moderna*. Madrid, España: Alfaomega Grupo Editor.
- [8] Collier, D., & Evans, J. (2006). *Operations Management: Goods, Services and Value Chains*.

- En D. Collier, & J. Evans, *Operations Management: Goods, Services and Value Chains*. Manson, Ohio: Thomason South-Western
- [9] Orrego, J. L. (2020). Criterios Financieros para la selección de proveedores. Universidad de Medellín. Recuperado de <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/1573/7.2%20Articulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [10] Peinado-Vara, E. (2011). Cap. 7 RSE, grandes compradores y la cadena de valor. En E. Peinado-Vara, Vives, & A, *La responsabilidad social empresaria en América Latina*. Washington D.C.: Peinado-Vara, E; Vives; A.
- [11] Toskano Hurtado, G. B. (Mayo de 2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores*. Universidad Nacional de San Marcos, Fac. de Cs. Matemáticas E.A.P Investigación Operativa, Lima. Recuperado el 21 de mayo de 2022, recuperado de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/basic/toskano_hg/contenido.html
- [12] García Cascales, M. (2009). *Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y "Soft Computing"*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Electrónica, Tecnología de Computadoras y proyectos, Cartagena.
- [13] Barba Romero, S. (1997). *Decisiones multicriterios*. España: Universidad de Alca.
- [14] Miropolsky, A., & Tavella, D. (2013). Evaluación de métodos multicriterios para elaborar estudios de localización de parques industriales. *VI° Congreso Argentino de Ingeniería Industrial. VI COINI 2013*.
- [15] Ávila Rojas, S. L. (2011). *Formulación de un modelo de programación multi-objetivo fuzzy para la selección de proveedores: Caso de estudio*.
- [16] Saaty, T. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.
- [17] Martínez Rodríguez, E. (2007). Aplicación del proceso jerárquico de análisis en la selección de la localización de una pyme. (R. C. Universitario, Ed.) *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, 19.
- [18] Roche, H., & Vejo, C. (s.f.). *Método Cuantitativo aplicados a la administración*. Recuperado el 14 de abril de 2013, de <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>
- [19] Tavella, M., Miropolsky, A., & González, G. (2008). Los Parques industriales como estrategia para el desarrollo sustentable en ciudades de la provincia de Córdoba. (F. A. Delgadino, Ed.) *Municipios y Servicios Públicos: Herramientas para el desarrollo*, Cap. 3.
- [20] Figueroa Rodríguez, F. J. (2013). *Diseño y desarrollo de herramientas de ayuda a la decisión para problemas multiobjetivos/multicriterio*. Obtenido de Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias de la Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil en Informática : <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/bmfcif475d/doc/bmfcif475d.pdf>
- [21] Brans and Vincke, 1985 J.P. Brans, P. Vincke. *A preference ranking organization method (the PROMETHEE method for multiple criteria decision making)*. Management Science, 31 (6) (1985), pp. 647-656.
- [22] Yoon, K., & Hwang, C.-L. (1995). *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction* (Vol. 104). Thousand Oaks, California, Estados Unidos: Sage Publications.
- [23] Alberto, C. L., & Carignano, C. E. (2007). *Apoyo Cuantitativo a las decisiones*. Córdoba, Argentina: Asociación Cooperativa de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNC.
- [24] Tavella, M., Miropolsky, A., & González, G. (2009). Nueva metodología para el estudio de localización óptima y sustentable de grandes plantas químicas con potenciales riesgos ambientales. *IV Simposio internacional de meio ambiente Pas para a Paz*. Rio de Janeiro.