

EVALUACIÓN DE MÉTODOS MULTICRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES LOCALES DE LA INDUSTRIA AERONÁUTICA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Tavella Demián Andrés - Miropolsky Ariel

Facultad Regional Córdoba, Universidad. Tecnológica Nacional
demitavella@hotmail.com

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene por principal finalidad realizar un estudio para seleccionar, adaptar y aplicar diferentes métodos multicriterio mundialmente conocidos a fin de desarrollar un modelo integral para la toma de decisiones que permita llevar adelante la selección y evaluación de proveedores aeronáuticos nacionales para diferentes proyectos de la industria aeronáutica de Córdoba, haciendo foco en FAdeA, por ser el principal referente de este rubro en la provincia.

Para ello, se aplicaron dos técnicas multicriterio, previamente seleccionadas, a dos casos reales de desarrollo de productos aeronáuticos de la industria cordobesa para diferentes proveedores nacionales.

El trabajo está dividido fundamentalmente en cuatro partes: la primera consiste en un análisis de los métodos multicriterio para diferentes proyectos.

Otra parte fue el trabajo de campo, con los diferentes actores clave de FAdeA, a fin de determinar aquellos criterios esenciales a partir de los cuales evaluar los candidatos a proveedores de un producto aeronáutico.

Una tercera parte, consistió en la selección de un caso de estudio que presentan características diferentes y la aplicación de la técnica seleccionada para determinar el oferente óptimo para cada caso.

Por última, el análisis y comparación de los resultados obtenidos, estableciendo conclusiones respecto a la viabilidad de aplicación de esta técnica para el caso de selección de proveedores y recomendaciones tanto para la institución elegida respecto a un modelo de toma de decisiones para la selección de proveedores aeronáuticos nacionales, que puedan ser extrapolados a otras industrias de características similares.

Palabras Claves: Método Multicriterio, Cadena de suministro, Selección de proveedores, Aeronáutica, Sustentabilidad

1. INTRODUCCIÓN

La actividad aeronáutica argentina registra una trayectoria que supera más de un siglo, teniendo sus orígenes en los vuelos de globos aerostáticos realizados a partir de 1907 por Aarón de Anchorena. (Ministerio de Defensa, 2022).

A partir de allí, el rubro fue tomando relevancia sobre todo en lo vinculado a la parte militar, teniendo como resultados la creación en 1927 de la Fábrica Militar de Aviones en la ciudad de Córdoba, ya que si bien, por ese entonces ya se fabricaban algunos aviones y desde 1916 existía un taller en la escuela de Aviación Militar que llegó a construir máquinas, la fabricación no estaba racionalizada, ni regulada. La Fábrica Militar de Aviones se convirtió en un referente industrial del país llegando a producir en 1947 el primer avión a reacción diseñado y construido en Sudamérica: el I. Ae 27 Pulqui I y en 1950 el I.Ae 33 Pulqui II, un caza tecnológicamente comparable a los mejores de la época. (Fadea SA, 2022).

A pesar de encontrarse en su apogeo, la construcción en masa del Pulqui II nunca ocurrió, ya que, según algunos relatos de la época, los alemanes se quejaban de que la infraestructura industrial de Argentina era precaria y, sobre todo, interfirió la política local. (Fajardo, 2017)

Luego de esto, los distintos vaivenes de la industria e historia argentina, hicieron que la fabricación aeronáutica fuera decayendo, de hecho, en la década de los 90´ el gobierno nacional entregó la empresa en concesión a la estadounidense Lockheed Martin, uno de los mayores conglomerados mundiales dedicados a la defensa. La privatización duró 15 años y durante ese periodo el énfasis institucional, así como las inversiones y los recursos en general, priorizaron el rubro mantenimiento principalmente y con ello el decaimiento de la industria en general de proveedores nacionales que hoy se agrupan en la Cámara Argentina Aeronáutica y Espacial (CArAE).

Con el objetivo de cambiar esta tendencia, el 16 de septiembre de 2020 se promulgó la LEY 27.565 para la creación del Fondo Nacional de la Defensa (FONDEF) a fin de financiar el proceso de reequipamiento de las Fuerzas Armadas (Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina, 2020), cuyo principal objetivo es el de hacer previsible el desarrollo de la producción para la defensa argentina, priorizando el trabajo y la industria nacional, así como también el fomento y desarrollo de la industria para la defensa, que aspira a favorecer la sustitución de importaciones, el desarrollo de proveedores y la inserción internacional de la producción local de bienes y servicios orientados a la defensa. (Ministerio de Defensa, 2020)

Si bien existe un fondo específico para el desarrollo de la industria local, los distintos vaivenes anteriormente descriptos, hicieron que se fuera perdiendo el conocimiento sobre la materia y achicando el listado de proveedores capaces de fabricar productos aeronáuticos, por lo que resulta necesario desarrollar y hacer eficiente los métodos de selección de proveedores de piezas aeronáuticas, que permitan un futuro desarrollo de los mismos.

En base a lo anterior, se decidió tomar como caso testigo los proyectos de FAdeA, ya que forman parte del complejo industrial de la defensa, que acompañan el proceso de la reconstrucción argentina y que se potencian con la implementación del FONDEF (Ministerio de Defensa, 2022) y, por consiguiente, tiene la posibilidad de contratar proveedores locales que suministren materiales aeronáuticos que históricamente fueron adquiridos en el exterior. Teniendo en cuenta que se considerarán para el estudio, aquellos casos de desarrollo de productos, desde su inicio, en donde se evalúan varios oferentes con diferentes perspectivas y criterios a definir más adelante.

Uno de los métodos que mejor se adaptaría a este escenario, está relacionado a las técnicas multicriterio, también conocidas como de lógica difusa, pues su análisis se basa fundamentalmente en aspectos cualitativos pudiendo incluir una gran cantidad y variabilidad de parámetros que luego serán evaluados pertinentemente.

El resultado final es un modelo de decisión, que podrá ser utilizado para proyectos del rubro aeronáutico y extrapolarlos luego a otros proyectos de la industria de la defensa nacional que impliquen el desarrollo de componentes nacionales a ser utilizados en fabricaciones militares.

2. ANÁLISIS DE MÉTODOS MULTICRITERIO

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio (Toskano Hurtado G. B., 2005) (García Cascales, 2009) (Barba Romero, 1997) comprenden la selección entre un conjunto de alternativas factibles para optimizar varias funciones objetivo simultáneas mediante un único agente decisor usando procedimientos de evaluación racionales y consistentes.

Dentro de estos se encuentran los discretos, que se utilizan para realizar una evaluación y decisión respecto a problemas que, por naturaleza o diseño, admiten un número finito de alternativas de solución, a través de:

- Un conjunto de alternativas estable, generalmente finito; se asume que cada una de ellas está perfectamente identificada, aunque no son necesariamente conocidas en forma exacta y completa todas sus consecuencias cuantitativas y cualitativas.
- Una familia de criterios de evaluación (atributos, objetivos) que permiten evaluar cada una de las alternativas (analizar sus consecuencias), conforme a los pesos (o ponderaciones) asignados por el agente decisor y que reflejan la importancia (preferencia) relativa de cada criterio.
- Una matriz de decisión o de impactos que resume la evaluación, conforme a cada criterio, que incluye una escala de medida de las evaluaciones que puede ser cuantitativa o cualitativa.
- Una metodología o modelo de agregación de preferencias en una síntesis global; ordenación, clasificación, partición, o jerarquización de dichos juicios para determinar la solución que globalmente recibe las mejores evaluaciones.
- Un proceso de toma de decisiones (contexto de análisis) en el cual se lleva a cabo una negociación consensual entre los actores o interesados.

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio (Miropolsky & Tavella, 2013) no consideran la posibilidad de encontrar una solución óptima. En función de las preferencias del agente decisor y de objetivos predefinidos, el problema central de los métodos multicriterio consiste en:

- Seleccionar la "mejor" alternativa.,
- Aceptar las que parecen "buenas" y rechazar aquellas que parecen "malas".
- Generar un "orden" (ranking) de las opciones consideradas (de la mejor a la peor).

Cabe destacar que existen infinidad de técnicas multicriterio y en este estudio se han nombrado solo algunas de las más conocidas, teniendo en cuenta el enfoque americano (Ponderación Lineal, Ponderación Lineal Normalizada y AHP), el enfoque europeo (Relación de superación) y otros enfoques (TOPSIS)

2.1. Enfoque Americano

2.1.1 Método de Jerarquía Analítica (AHP)

El AHP, mediante la construcción de un modelo jerárquico, permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerla y analizarla por partes, visualizar los efectos de cambios en los niveles y sintetizar.

El AHP "trata de desmenuzar un problema y luego unir todas las soluciones de los sub problemas en una conclusión" (Saaty, 1980) (Martinez Rodriguez, 2007).

El AHP se fundamenta en:

- La estructuración del modelo jerárquico (representación del problema mediante identificación de meta, criterios, sub-criterios y alternativas);
- Priorización de los elementos del modelo jerárquico;
- Comparaciones binarias entre los elementos;
- Evaluación de los elementos mediante asignación de pesos;
- Ranking de las alternativas de acuerdo con los pesos dados;
- Síntesis;
- Análisis de Sensibilidad.

El AHP es una herramienta metodológica que ha sido aplicada en varios países para incorporar las preferencias de actores involucrados en un conflicto y/o proceso participativo de toma de decisión.

2.1.2 Método de Ponderación Lineal Normalizado (Scoring Normalizado)

El método del Scoring (Roche & Vejo) o de coeficientes ponderados es una manera rápida y sencilla para identificar la alternativa preferible en un problema de decisión multicriterio. Dicho de otra forma, es un método que permite abordar situaciones de incertidumbre o con pocos niveles de información. En dicho método se construye una función de valor para cada una de las alternativas. El método de

ponderación lineal supone la transitividad de preferencias o la comparabilidad. Es un método completamente compensatorio, y puede resultar dependiente, y manipulable, de la asignación de pesos a los criterios o de la escala de medida de las evaluaciones. Es un método fácil y utilizado ampliamente en el mundo.

La ecuación (1) polinómica a aplicar en la ponderación es (Roche & Vejo)

$$S_j = \sum_{i=1}^{i=n} w_i * r_{ij} \quad (1)$$

Donde:

r_{ij} = rating de la Alternativa j en función del Criterio i

w_i = ponderación para cada Criterio i

S_j = Score o coeficiente para la Alternativa j

2.1.3 Método de Ponderación Lineal Normalizado (Scoring Normalizado)

El método de ponderación lineal normalizada o scoring (Tavella, Miropolsky, & González, Los Parques industriales como estrategia para el desarrollo sustentable en ciudades de la provincia de Córdoba, 2008) es 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 (2) polinómica a aplicar en la calificación es:

$$C_j = \frac{10 \sum_{i=1}^n v_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i} \quad (2)$$

Donde:

$1 \leq C_j \leq 100$ Calificación alcanzada por cada propuesta.

$1 \leq v_i \leq 10$ Valoración de las variables.

$1 \leq p_i \leq 10$ Factor de ponderación de las variables.

i 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%.

2.2. Enfoque Europeo

2.2.1 Relaciones de preferencia

Estos métodos (Roche & Vejo) usan como mecanismo básico el de las comparaciones binarias de alternativas, es decir comparaciones dos a dos de las alternativas, criterio por criterio. De esta forma puede construirse un coeficiente de concordancia C_{ik} asociado con cada par de alternativas (a_i, a_k). Existen dos métodos de la escuela francesa: ELECTRE y PROMETHEE (Figueroa Rodríguez, 2013).

Del método ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Réalité) ya existen varias versiones que usan pseudos criterios y la teoría de conjuntos difusos. El método PROMETHEE (Preference Ranki Organization Method for Enrichment Evaluation) se ha aplicado, con predicción para problemas de ubicación y selección de proveedores.

2.3. Otros enfoques

2.3.1 TOPSIS

Hwang y Yoon (1995) 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 (Alberto & Carignano, 2007).

Primero se va a definir, que se entiende por solución ideal positiva o alternativa “ideal” y solución ideal negativa o alternativa “anti-ideal”.

Dado un conjunto x de m alternativas de decisión, un conjunto j de n atributos y una matriz A cuyos elementos a_{ij} son evaluaciones de cada una de las alternativas respecto a cada atributo es decir $a_{ij}=u_j(x_i)$ y transformados previamente todos los criterios a maximizar y todas las a_{ij} a valore mayores o iguales a cero. Se llama alternativa “ideal” al punto:

$$a^+=(a_{i1}^+,a_{i2}^+,\dots,a_{in}^+)$$

Donde: $a_{ij}^+=\max_j a_{ij}$

De esta manera la alternativa ideal se obtiene al maximizar cada criterio independientemente.

Análogamente se puede definir la alternativa “anti-ideal” como:

$$a^-=(a_{i1}^-,a_{i2}^-,\dots,a_{in}^-)$$

Donde: $a_{ij}^-=\min_j a_{ij}$

En definitiva, una solución ideal se define como un conjunto de niveles ideales respecto a todos los atributos considerandos de un determinado problema, aun cuando la solución ideal usualmente sea imposible o no sea factible de obtener. Es claro que tanto la alternativa a^+ como la a^- no forman parte del conjunto de elección, de lo contrario no existiría un problema de decisión, es decir que ambas son virtuales.

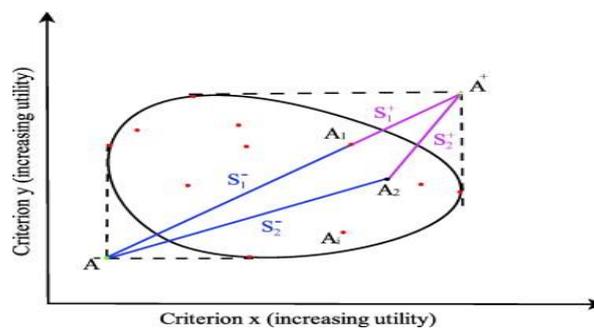


Figura 1 Gráfico de modelo de topsis. Fuente: (Alberto & Carignano, 2007)

En el gráfico (Yoon & Hwang, 1995) se considera las posiciones de dos alternativas a_1 y a_2 respecto al ideal de un atributo de beneficio (a^+) y al de un atributo de costo o desventaja (a^-). Las distancias euclídeas al ideal positivo y al ideal negativo muestran que, en este espacio bidimensional, a_1 no se encuentra cerca de a^+ y que a_2 está más lejos del anti-ideal a^- .

Debido a esta situación de ambigüedad es necesario determinar el índice de similitud de las dos alternativas, valor mediante el cual se tiene a maximizar la distancia relativa al ideal positivo y al ideal negativo respectivamente.

2.4. Selección de técnica para el estudio

En los respectivos apartados anteriores, se describieron distintas técnicas multicriterio, a continuación, se procederá a elegir alguna de ellas para realizar los estudios de selección.

Cabe destacar que existen infinidad de técnicas multicriterio y en este estudio se han nombrado solo algunas de las más conocidas, teniendo en cuenta el enfoque americano (ponderación lineal, ponderación lineal normalizada y AHP), el enfoque europeo (relación de superación) y otros enfoques (TOPSIS)

La técnica elegida es la ponderación lineal normalizada

La elección de esta, se debe a que se adapta para solucionar un problema de selección de proveedores, ya sea por su fácil aplicación y por su adaptabilidad de los casos que se propongan.

La técnica AHP fue descartada ya que la misma involucra una gran cantidad de cálculos matemáticos complejos o la necesidad de aplicar el soporte de un software, la cual la vuelve poco práctica a la hora de ser utilizada en una empresa u organización.

La técnica ponderación lineal fue descartada y sustituida por la ponderación lineal normalizada, ya que, si bien ambas se basan en los mismos principios y fundamentos, a la hora de evaluar, la segunda permite expresar el resultado en un porcentaje de la alternativa ideal, calificada como el 100%. De esta forma, se puede ver si el proveedor elegido es, además de ser la mejor alternativa en comparación con el resto, cercana a los valores ideales establecidos por el observador.

La técnica de TOPSIS fue descartada pues a pesar de buscar aquella opción, dentro del universo de múltiples opciones, que más se acerque a lo que el observador considera como "ideal" y a su vez más se aleje a lo "anti-ideal", la cantidad de cálculos necesarios para su aplicación y la imposibilidad de contar de un software de rápida aplicación la vuelve totalmente incomoda a la hora de un problema de selección de proveedores que debe ser aplicado en una empresa en distintas situaciones diarias.

Por último, las técnicas de relación de superación, fue descartada, por la misma razón que la de AHP pues implica vinculación de pares lo que complejiza los cálculos matemáticos.

3. ENTREVISTA A ACTORES CLAVES

Para lograr definir los principales criterios para la selección de proveedores que luego fueron incorporados en los métodos multicriterio se llevó adelante una entrevista a actores claves de la empresa FAdeA SA.

Las mismas fueron realizadas, en forma presencial, entre los meses de diciembre 2022 y enero 2023, en los horarios y días acordados con cada uno de los entrevistados.

La entrevista fue de tipo semi-estructurada, con un total de 15 preguntas iguales para todos, algunas de carácter cerrado y otras abiertas, con el objetivo de que los consultados expresen su punto de vista y experiencias que pueden ser enriquecedoras para este estudio.

El motivo de elección de este tipo de entrevista versus la no-estructurada es que permite un mayor grado de comparación entre visiones paralelas y la posibilidad de darle una capacidad de medición a ciertas variables subjetivas, es decir permite recoger datos para describir cuantitativamente una determinada situación social que no se conoce lo suficiente como para usar un cuestionario clásico de preguntas cerradas, además de que los entrevistados están poco acostumbrados al lenguaje abstracto y científico de este tipo de estudio, pudiendo mediante este tipo de herramienta sobrellevar estas dificultades. (Corbetta, 2007)

Respecto a la entrevista estructurada, la ventaja es que permite plantear interrogantes que tienen como propósito la mejor comprensión del problema, mediante la reestructuración de las preguntas y rearmado de contextos en la indagación con mayor profundidad. (Rodríguez Pérez, Guerrero Godoy, Varon Arciniega, & Baron-Velandia, 2021)

3.1. Conclusiones de las entrevistas

Mediante esta entrevista se extrajeron conclusiones respecto a los diferentes criterios a tener en cuenta para la selección de proveedores

Lo primero que se extrajo, fue que los criterios sociales y ambientales son considerados claves en un proceso de selección de proveedores, aunque los mismos no pueden utilizarse para realizar comparativa o compulsas entre organizaciones, pues por su naturaleza, son eliminatorios. Es decir que aquellas empresas que no los cumplan, queda descartadas para una potencial contratación. El desafío es lograr un sistema eficiente de medición, que permita auditar y lograr quitar del "panel" aquellas organizaciones que no cumplan los estándares mínimos.

Dada la naturaleza de los criterios de sistema de gestión de calidad, que afectan la directamente e indirectamente la futura seguridad en vuelo, es que se define que aquellos proveedores que no los cumplan quedan excluidos para participar en licitaciones o compulsas de precios.

En definitiva, luego de una selección de proveedores que cumplan los aspectos anteriores, los criterios con los cuales serán evaluados son los criterios comerciales, los técnicos y los de salud financiera.

Siguiendo con esta lógica y según las opiniones recabadas, de los tres anteriores el más importante resulta ser el técnico, seguido por el comercial y luego el financiero. La razón principal se sustenta por la naturaleza del rubro, pues por el nivel de especificidad de los proyectos y el impacto final en la seguridad de vuelo este aspecto resulta fundamental. Respecto al criterio comercial, dado que la competencia se realiza a nivel internacional, la competitividad alcanzada por un buen precio final de los componentes, piezas o productos, vuelve viable o inviable cualquier tipo de proyecto. Por último, en lo referido a lo financiero, la misma resulta importante por la gran cantidad de erogaciones que tienen que hacer los proveedores al principio del proyecto y luego en la relación a largo plazo para soportar la provisión para aeronave entre 15 a 25 años

Dentro de los aspectos técnicos los criterios que se deben tener en cuenta son:

- Propuesta técnica
- Cronograma
- Capacidad de producción y proceso de fabricación
- Certificaciones y calificaciones
- Experiencia – Know How del proveedor
- Compromiso ante consultas

Los mismos fueron ordenados según el orden de importancia recabado en base a las entrevistas

Respecto a los criterios económicos:

- Precios
- Forma de pago
- Relación comercial

Los mismos fueron ordenados según el orden de importancia recabado en base a las entrevistas

Respecto al criterio financiero del proveedor debe evaluarse la salud financiera al momento de la contratación

3.1.1 Selección de criterios para modelo de decisión

En base a las entrevistas realizadas, se decide tener en cuenta 10 criterios para evaluación de los casos presentados:

- Propuesta técnica: Se entiende por la robustez de la propuesta detallada de cómo va a realizar el producto, pieza o componente, presentada por el proveedor. Para evaluar la misma se tiene en cuenta que atienda la especificación técnica compartida, además del nivel de detalle de soluciones que presente.
- Cronograma: Se refiere al tiempo de ejecución de la pieza o elemento que se busca contratar. La misma puede incluir varias etapas intermedias, como puede ser aprobación sobre el concepto a realizar, aprobación y validación final del diseño a fabricar, diferentes validaciones durante el proceso de fabricación, puntos de medición y control, etapas de ajuste, envío del material, piezas o elementos, entre otros
- Capacidad de producción y proceso de fabricación: Hace referencia entre otras cosas a la capacidad instalada y capacidad ociosa, tecnologías y maquinarias disponibles, procesos productos posibles de realizar en las instalaciones del potencial proveedor. En este punto, se busca que la capacidad, tecnología y maquinarias de la empresa a contratar pueda atender correctamente las necesidades.
- Certificaciones y calificaciones: Hace referencia a las certificaciones y calificaciones que dispone el proveedor, buscando como ideal que todos los proveedores estén evaluados bajo la norma AS9100, que es la que certifica que una organización diseña, desarrolla y proporciona productos y servicios de aviación, espacio y defensa.
- Experiencia – Know How del proveedor: Siempre se busca que el proveedor a contratar haya tenido experiencia o con alguna organización del rubro aéreo o aeroespacial, o que conozca y haya trabajado con la tecnología o producto buscado.
- Compromiso ante consultas: Se entiende que este punto está ligado al compromiso que tiene el proveedor para atender las diferentes consultas técnicas ante los avances y puntos críticos que debería cumplir el proveedor. En caso de ser un proveedor nuevo, se lo valorará con una nota intermedia
- Precios: Se considera al precio ofrecido por el proveedor. Dada la naturaleza de los proyectos y mercado, dicho precios será considerados en dólares americanos al tipo de cambio vendedor

divisa del Banco de la Nación Argentina. El precio ideal será mejor al precio objetivo o target establecido por el equipo de programa para el proyecto.

- **Forma de Pago:** Se considera la forma de pago del material, pudiendo ir desde 100% (cien por ciento) anticipado, hasta todo diferido posterior a la entrega del producto. En general, para este tipo de desarrollo se acostumbra realizar pagos por “hitos contractuales” que contempla un porcentaje de anticipo, uno o varios porcentajes por avances y un porcentaje final luego de la entrega con un plazo de diferimiento. Se valora como ideal aquellas propuestas que no tengan porcentaje de pago anticipado.
- **Relación Comercial:** Hace referencia a la relación que existe entre una organización y los proveedores. Si bien es similar al punto “compromiso ante las consultas” este punto tiene en cuenta cuestiones comerciales, logísticas y de calidad. En caso de ser un proveedor nuevo se lo valorará con una nota intermedia
- **Salud financiera:** En este punto se tiene en cuenta la capacidad financiera para asumir compromisos ante futuras compras. El mismo sale de una evaluación realizada en base a los balances, estado de resultados, informe de deuda del BCRA, informe del veraz, entre otros. Lo ideal es encontrar un proveedor solvente para afrontar futuros compromisos que implicará grandes erogaciones de dinero.

4. CASO DE ESTUDIO

Como caso de estudio se seleccionó un desarrollo que está realizando en la empresa testigo. Concretamente el caso de estudio es la adquisición de la bancada de motor para el avión IA100B “Malvina”, nuevo desarrollo de la fábrica.

La bancada es el órgano que constituye la parte inferior del motor de cualquier tipo, sirve de soporte para las piezas en movimiento y de muro de contención para el aceite lubricante.

La bancada del motor, es definida en función del tipo de motor a utilizar y la configuración que el diseñador adopta en cada caso. De manera particular una bancada debe ser diseñada en función de los requerimientos definidos para su uso en cada aeronave. Estos requerimientos estructurales y conceptuales varían según la normativa aplicada. (Pergolini, 2015).

4.1. Participantes del estudio

El otro punto a definir en este estudio son las empresas participantes entre las que se debe elegir la mejor opción.

Debido a que la empresa FAdEa tiene firmado un acuerdo de confidencialidad con cada uno de los proveedores que participan en sus proyectos, es que no puede indicarse en forma explícita el nombre de las firmas analizadas para cada caso, ya que quedarían expuestos aspectos sensibles como capacidad instalada, situación financiera, entre otros.

Para el caso de la bancada de motor en total se invitaron a 6 proveedores diferentes, todos nacionales, que se indicarán con los siguientes nombres de fantasía.

- Proveedor H
- Proveedor C
- Proveedor PG
- Proveedor Con
- Proveedor DA
- Proveedor AWI

Para todos los casos, se puede decir que los oferentes alcanzaron una calificación mínima desde lo técnico, aunque hay tres que tenían ventajas pues tenían experiencia en desarrollos con la empresa FAdEa para otros proyectos.

Desde lo financiero solo tres proveedores pueden considerarse como realmente solventes.

Desde lo económico, salvo un proveedor, se alcanzó el target del proyecto, habiendo uno que ofreció un precio un 10% por debajo.

5. APLICACIÓN DE TÉCNICA

Para realizar el estudio de selección de proveedores locales de la industria aeronáutica, se utilizó la técnica denominada Matriz de Selección. La misma consiste en calificar a los proveedores propuestos, a partir de una valoración de las variables ponderadas, que son objeto del análisis.

Las variables analizadas con su correspondiente ponderación surgen de las entrevistas realizadas a los diferentes actores claves

Respecto a la nota ponderada, la misma surge como el promedio de las opiniones y valoraciones obtenidas en las entrevistas. Vale aclarar que cada entrevistado podía poner un puntaje que va desde 1 al 10, siendo 1 la menos importante y 10 lo más importante.

Estos resultados se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 1: Ponderación de las variables

Variabes	Ponderadores
Propuesta técnica	9
Cronograma	8
Capacidad de producción y proceso de fabricación	8
Certificaciones y calificaciones	8
Experiencia – Know How del proveedor	7
Compromiso ante consultas	8
Precio	8
Forma de pago	7
Relación Comercial	6
Salud financiera	8

Siguiendo con la aplicación del método, una vez definida las variables con sus correspondientes ponderaciones, se indica la calificación obtenida por cada una de las propuestas, obteniéndose los resultados que se pueden ver en la siguiente tabla:

Tabla 2: Ponderación de las variables

Variables	Proveedores					
	Prov. H	Prov. C	Prov. PG	Prov. Con	Prov. DA	Prov. AWI
Propuesta técnica	7	10	10	10	5	10
Cronograma	8	5	2	2	5	2
Capacidad de producción y proceso de fabricación	10	10	7	5	7	10
Certificaciones y calificaciones	7	8	1	4	1	7
Experiencia – Know How del proveedor	7	7	4	4	4	8
Compromiso ante consultas	6	6	7	6	8	8
Precio	9	1	6	7	10	6
Forma de pago	7	3	3	5	3	1
Relación Comercial	8	8	5	5	5	5
Salud financiera	9	10	4	6	4	9
Calificación Final	78,05	68,57	50,00	54,94	52,47	67,40

5.1. Toma de decisión

Del análisis de la matriz de selección surge con claridad, que de los proveedores que se presentaron para realizar este producto, el identificado como Proveedor H se destaca sobre los demás con una calificación del 78,05% del valor óptimo. Así mismo, se evidencia como menos adecuada la empresa denominada como PG, pues su calificación alcanza solamente el 50% del valor ideal.

De las otras 4 empresas, se observa que dos obtuvieron notas muy similares, habiendo obtenido el C una nota de 68,57% y AWI un 67,4%. Por otra parte, otros dos obtuvieron notas cercanas al 50%, siendo el proveedor Con un 54,94% mientras que el proveedor DA 52,47%.

En conclusión, se recomienda seleccionar al proveedor H, ya que es el que obtiene mayor valoración sustentada en los buenos valores obtenidos en los conceptos de capacidad de producción y proceso de fabricación, precio y cronograma frente a sus competidores.

6. CONCLUSIONES

De la primera parte del estudio se puede decir que el proceso de selección de proveedores requiere de un análisis complejo donde intervienen una gran cantidad de factores que influyen en su estudio, y que por lógica resultará imposible cumplir todos estos criterios al mismo tiempo. Por lo tanto, se hace necesario utilizar algún método multi variable que pueda incorporar todos estos puntos, siendo los métodos multicriterio una alternativa ideal para este tipo de estudios.

A su vez, existen una gran cantidad de métodos multicriterio, aunque no todos estos se adaptan a los problemas de selección de proveedores, ya sea por su dificultad de aplicación o por su falta de adaptabilidad.

Para el caso de este trabajo se eligió la técnica de ponderación lineal normalizada, de la que se concluye que presenta las siguientes ventajas:

- Es una de las técnicas multicriterio de mejor comportamiento práctico, ya que es sencilla de aplicar y no requiere de grandes cálculos matemáticos.
- Permite obtener una solución rápida y precisa.
- Permite medir criterios cualitativos, a través de la introducción de una escala que puede ir del 1 al 10 o 1 al 5, y también permite incorporar criterios cuantitativos.
- Permite desglosar el problema en partes y también facilita un enfoque sistémico de ser necesario.
- Permite desarrollar un modelo flexible que puede adaptarse a cualquier tipo de cambio que se presente.
- Mediante este método se refleja la tendencia natural de la mente a clasificar elementos de un sistema en diferentes niveles.
- Mediante la aplicación de la ponderación lineal normalizada se logra estimar la conveniencia de cada alternativa
- Permite establecer distinto grado de importancia a los aspectos a evaluar en cada una de las alternativas.
- Permite la participación de diferentes personas o grupos de interesados.
- Mediante la aplicación de esta técnica se obtienen valores porcentuales, que establecen la cercanía al valor ideal (100%).

A pesar de lo descripto, es posible identificar las siguientes desventajas:

- La ponderación lineal normalizada no posee un sustento matemático tan importante como el de los otros métodos.
- No permite calcular índices de consistencia, por lo tanto, si no se efectúa un enfoque sistémico se corre el riesgo de introducir juicios cualitativos que no tengan sentido.
- El método no se sustenta en axiomas teóricos.
- No se puede realizar un buen análisis de sensibilidad.
- Si no existe una diferencia importante entre dos resultados se puede caer en un error de análisis de juicio subjetivo.

A su vez, en cuanto a los criterios de selección de proveedores, luego de la entrevista a actores claves de la empresa FAdEa se concluyó que los criterios a ser incluidos en una compulsa de oferentes son los comerciales, técnicos y financieros. Según las opiniones recabadas, de los tres anteriores el más

importante resulta ser el técnico, seguido por el comercial y luego el financiero. La razón principal se sustenta a la naturaleza del rubro, dado el nivel de especificidad de los proyectos y el impacto final en la seguridad de vuelo. Respecto al criterio comercial, la competitividad alcanzada por un buen precio final de los componentes, piezas o productos, vuelve viable o inviable cualquier tipo de proyecto debido a la globalización del sector y competencia a nivel internacional. Por último, la salud financiera resulta fundamental producto a la gran cantidad de inversiones que tienen que hacer los proveedores al principio del proyecto y la capacidad que debe tener para soportar la provisión para aeronaves en un período de entre 15 a 25 años.

Los criterios sociales y ambientales son considerados fundamentales, aunque los mismos no pueden utilizarse para realizar comparativa o compulsas entre organizaciones, pues por su naturaleza son eliminatorios. Lo mismo sucede con los criterios de sistema de gestión de la calidad ya que estos afectan directa e indirectamente la futura seguridad en vuelo de la parte o elemento contratado. En definitiva, estos criterios se utilizan para descartar o incluir empresas dentro de panel de oferentes.

Siguiendo con las conclusiones y comparando los resultados obtenidos se puede decir que el método utilizado se adapta a los estudios de selección, ya que permiten incluir en el estudio múltiples variables en forma sencilla y práctica, necesarias para realizar un estudio de selección de proveedores, a pesar de sustentarse en fundamentos teóricos distintos.

En cuanto a la idea de desarrollar un modelo integral, el mismo fue armado mediante la definición de criterios bases con su correspondiente grado de importancia, obtenidos en las entrevistas realizadas a los diferentes actores claves, y luego la aplicación de la ponderación lineal normalizada, para llegar a un "ranking" de alternativas.

5. REFERENCIAS

- 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.
- Barba Romero, S. (1997). *Decisiones multicriterios*. España: Universidad de Alca.
- Corbetta, P. (2007). *Metodología y técnicas de investigación social*. Madrid: Mc Graw- Hill.
- Fadea SA. (2022). *Nuestra Empresa*. Recuperado el 20 de Agosto de 2022, de FAdEA SA: <https://www.fadeasa.com.ar/nuestra-empresa/>
- Fajardo, L. (27 de Diciembre de 2017). *La fábrica argentina que diseñó algunos de los aviones de combate más sofisticados del mundo*. Obtenido de BBC Mundo: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42462380>
- 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/bmficf475d/doc/bmficf475d.pdf>
- 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.
- 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.
- 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.
- Ministerio de Defensa. (07 de Octubre de 2020). *El Presidente encabezó la presentación oficial del FONDEF*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-presidente-encabezo-la-presentacion-oficial-del-fondef>
- Ministerio de Defensa. (Mayo de 2022). *Industria para la defensa*. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/defensa/industria-para-la-defensa>

- Ministerio de Defensa. (Mayo de 2022). *Nuestra Historia*. Obtenido de Fuerza Aérea Argentina: <https://www.argentina.gob.ar/fuerzaaerea/nuestra-historia>
- 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*. Los Reyunos: Centro Tecnológico de Desarrollo Regional Facultad Regional San Rafael - Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Rafael.
- Pergolini, A. M. (20 de mayo de 2015). *Diseño y Dimensionamiento de una Bancada Motor*. Obtenido de Trabajo Final de Grado - Instituto Universitario Aeronáutico: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TFG_Pergolini.pdf
- 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>
- Rodríguez Pérez, J. A., Guerrero Godoy, R. S., Varon Arciniega, V., & Baron-Velandia, B. (25 de Marzo de 2021). Transformaciones de las prácticas pedagógicas de los profesionales no licenciados. (U. P. Libertador, Ed.) *Educare*. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/375/3752262008/html/>
- Saaty, T. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.
- 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*.
- 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*.
- Toskano Hurtado, G. B. (2005). *El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como Herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores*. Monografía, Universidad Nacional de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas E.A.P Investigación Operativa, Lima.
- 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, Facultad de Ciencias Matemáticas E.A.P Investigación Operativa, Lima. Recuperado el 21 de Mayo de 2022, de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/basic/toskano_hg/contenido.htm