



---

**Universidad de Valladolid**



**Escuela de Ingenierías Industriales**



**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LA APLICACIÓN DE MCDM EN LA  
SELECCIÓN DE PROVEEDORES**

Autora:

DANIELA CARVAJAL RAMÍREZ

Tutor:

ÁNGEL MANUEL GENTO MUNICIO

SEPTIEMBRE 2023





---

## Resumen

Los métodos de decisión multicriterio se han desarrollado en los últimos años, teniendo cada vez, más relevancia dentro de las organizaciones de diferentes actividades industriales. El presente trabajo consiste en analizar estas tendencias de aplicación de la toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM), dando un énfasis a la investigación en los análisis de decisión de múltiples atributos (MADM), por medio de una revisión bibliográfica en la base de datos SCOPUS. La aplicación del procedimiento del análisis bibliográfico permitió revisar toda la información importante sobre el uso de los métodos de decisión multicriterio en la selección de proveedores, comprendiendo los sectores industriales que más suelen aplicar este método, con el fin de mejorar la gestión de cadenas de suministro.

Para el desarrollo del análisis bibliográfico, se tomaron en cuenta 70 publicaciones de la base de datos SCOPUS, específicamente artículos de revista, publicados entre los años 2012-2022, en el idioma inglés, y que se relacionan más con el tema de investigación.

Palabras clave: MCDM, cadena de suministro, selección de proveedores.



---

## Abstract

Multicriteria decision-making methods have been developed in recent years, gaining increasing relevance within organizations in various industrial sectors. The present study aims to analyze these trends in the application of multiple criteria decision-making (MCDM), with a focus on research in multiple attribute decision analysis (MADM), through a bibliographic review in the SCOPUS database. The application of the bibliographic analysis procedure allowed us to review all the important information regarding the use of multicriteria decision-making methods in supplier selection, encompassing the industrial sectors that most commonly apply this method, with the goal of improving supply chain management.

For the development of the bibliographic analysis, 70 publications from the SCOPUS database were considered, specifically journal articles published between the years 2012-2022, in the English language, and most closely related to the research topic.

Keywords: MCDM, supply chain, supplier selection.



---

## Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a mi familia por su apoyo incondicional y motivación en todo este proceso. A mi tutor, por su experta orientación, paciencia y consejos fundamentales recibidos durante toda esta trayectoria académica.



## Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>i</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>ii</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice de ilustraciones</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>viii</b>
<b>Abreviaturas</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. Capítulo I: Introducción y objetivos</b> .....	<b>1</b>
1.1. <i>Introducción</i> .....	2
1.2. <i>Objetivos</i> .....	3
1.2.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3
1.3. <i>Alcance</i> .....	4
1.4. <i>Estructura</i> .....	4
<b>2. Capítulo II: Toma de decisiones y clasificación de los Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM)</b> .....	<b>7</b>
2.1. <i>Historia de la toma de decisiones</i> .....	8
2.2. <i>Toma de decisiones: Definición</i> .....	12
2.3. <i>Proceso de Toma de Decisiones</i> .....	13
2.3.1. <i>Representación del problema</i> .....	13
2.3.2. <i>Actividad del diseño</i> .....	13
2.3.3. <i>Aplicación del método de solución al problema</i> .....	13
2.4. <i>Toma de decisiones en la organización</i> .....	14
2.5. <i>MCDM: Definición</i> .....	15



---

2.6.	<i>Clasificación de los métodos de decisión.....</i>	16
2.6.1.	Métodos de apoyo a la decisión multiatributo (MADM) .....	16
2.6.2.	Principales áreas organizacionales de aplicación de MADM en la actualidad. 28	
<b>3.</b>	<b>Capítulo III: Logística y cadena de suministro en la selección de proveedores</b>	<b>31</b>
3.1.	<i>Evolución de la logística y la cadena de suministro.....</i>	32
3.2.	<i>Logística y cadena de suministro: Conceptualización.....</i>	35
3.3.	<i>Importancia de la cadena de suministro .....</i>	37
3.4.	<i>Proveedores.....</i>	39
3.4.1.	Definición y tipos de proveedores .....	39
3.4.2.	Desarrollo de proveedores .....	41
3.4.3.	Criterios de selección de proveedores .....	43
3.4.4.	Evaluación de proveedores .....	46
3.4.5.	Categorización de proveedores.....	48
<b>4.</b>	<b>Capítulo IV: Análisis bibliométrico de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores.....</b>	<b>49</b>
4.1.	<i>Análisis bibliográfico: Definición y clasificación.....</i>	50
4.2.	<i>Clasificación de la revisión bibliográfica.....</i>	50
4.3.	<i>Bases de datos para la búsqueda bibliográfica .....</i>	53
4.4.	<i>Metodología .....</i>	54
4.4.1.	Definición del tema.....	54
4.4.2.	Revisión bibliográfica.....	56
4.5.	<i>Análisis y síntesis .....</i>	60
<b>5.</b>	<b>Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores.....</b>	<b>73</b>
5.1.	<i>AHP .....</i>	74
5.2.	<i>TOPSIS.....</i>	81



---

5.3.	<i>VIKOR</i> .....	89
5.4.	<i>BWM</i> .....	91
5.5.	<i>OTROS</i> .....	94
<b>6.</b>	<b>Capítulo VI: Estudio económico</b> .....	<b>103</b>
6.1.	<i>Introducción</i> .....	104
6.2.	<i>Jerarquía del proyecto</i> .....	104
6.3.	<i>Fases de desarrollo</i> .....	105
6.4.	<i>Estudio económico</i> .....	107
6.4.1.	Horas efectivas anuales.....	107
6.4.2.	Cálculo de amortizaciones.....	108
6.4.3.	Coste de material consumible.....	109
6.4.4.	Costes indirectos.....	110
6.4.5.	Horas dedicadas del personal en cada fase del proyecto.....	110
6.5.	<i>Costes asignados a cada fase del proyecto</i> .....	110
6.5.1.	Costes de la fase 1: Planificación.....	111
6.5.2.	Costes de la fase 2: Búsqueda bibliográfica.....	111
6.5.3.	Costes de la fase 3: Análisis bibliográfico.....	111
6.5.4.	Costes de la fase 4: Realización del informe final.....	112
6.5.5.	Costes de la fase 5: Presentación de resultados.....	112
6.6.	<i>Coste total del proyecto</i> .....	112
<b>7.</b>	<b>Conclusiones y futuros desarrollos</b> .....	<b>113</b>
7.1.	<i>Conclusiones</i> .....	114
7.2.	<i>Futuros desarrollos</i> .....	115
	<b>Referencias</b> .....	<b>116</b>



## Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Evolución de la cadena de suministro. Rodrigue (2020) .....	34
Ilustración 2 Tipos de proveedores, en relación con los clientes. (Philipsen, Damgaard, & Johnsen, 2008) .....	41
Ilustración 3 Metodología CIMO, adaptado de Tranfield y Denyer. (2009). .....	55
Ilustración 4 Diagrama de flujo PRISMA 2020.....	56
Ilustración 5 Adaptación a. Diagrama de flujo PRISMA 2020 .....	59
Ilustración 6 Distribución de las publicaciones en el periodo 2012 -2022. ....	60
Ilustración 7 Número de autores por publicación. ....	61
Ilustración 8 Mapa de coautoría.....	62
Ilustración 9 Cantidad de documentos por autor.....	62
Ilustración 10 Países en donde se trataron las investigaciones. ....	63
Ilustración 11 Organizaciones asociadas a las investigaciones.....	64
Ilustración 12 Número de artículos publicados en las principales revistas.....	65
Ilustración 13 Mapa de coocurrencia de palabras claves .....	66
Ilustración 14 Aplicación de los MCDM en la selección de proveedores según las áreas de conocimiento. ....	67
Ilustración 15 Enfoque de aplicación de los MCDM en los artículos.....	68
Ilustración 16 MCDM aplicados en los artículos.....	69
Ilustración 17 Cantidad de métodos MCDM aplicados por publicación .....	69
Ilustración 18 Criterios empleados para la ponderación de los proveedores .....	71
Ilustración 19 Resultados de la aplicación de MCDM según los autores .....	72
Ilustración 20 Jerarquía organizacional .....	104



---

## Índice de Tablas

Tabla 1 Aplicación de los MADM según las áreas organizacionales .....	29
Tabla 2 Criterios de evaluación de proveedores. (Lin, Khalili, & Munawwar, 2017).	46
Tabla 3 Programación de la investigación .....	106
Tabla 4 Días efectivos anuales .....	107
Tabla 5 Semanas efectivas anuales .....	107
Tabla 6 Coste de los profesionales .....	108
Tabla 7 Cálculo de amortizaciones .....	109
Tabla 8 Coste del material consumible de la investigación .....	109
Tabla 9 Costes indirectos .....	110
Tabla 10 Horas dedicadas por persona al proyecto.....	110
Tabla 11 Costes fase 1: Planificación .....	111
Tabla 12 Costes fase 2: Búsqueda bibliográfica .....	111
Tabla 13 Costes fase 3: Análisis bibliográfico.....	111
Tabla 14 Costes fase 4: Realización informe final.....	112
Tabla 15 Presentación de resultados .....	112
Tabla 16 Coste total del proyecto.....	112



---

## Abreviaturas

**AGV:** Automatic Guided Vehicle.

**AHP:** Analytic Hierarchy Process.

**ANP:** Analytic Network Process.

**ARAS:** Additive Ratio Assessment.

**BWM:** Best-Worst Method.

**CIPS:** Chartered Institute of Procurement & Supply.

**CODAS:** The Combinative Distance-Based Assessment.

**COPRAS:** The Complex proportional Assessment.

**CRITIC:** The Criteria Importance Through Intercriteria Correlation.

**DEMATEL:** The Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory.

**DOI:** Digital object identifier.

**EDAS:** Evaluation based on Distance from Average Solution.

**ELECTRE:** Elimination Et Choix Traduisant la Realite.

**EVAMIX:** Evaluation of mixed data.

**EXPROM:** The Extension of the Promethee.

**ISM:** Interpretive Structural Modeling.

**ITARA:** Indifference threshold-based attribute ratio analysis.

**KPI:** Key Perfomance Indicators.

**MABAC:** Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison.

**MACBETH:** Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique.



---

**MADM:** Multi Attribute Decision Making.

**MARCOS:** Measurement of Alternatives and Ranking according to Compromise Solution.

**MAUT:** Multi-Attribute Utility Theory.

**MCDM:** Multiple-criteria decision-making.

**MODM:** Multi Objective Decision Making.

**ORESTE:** Organization, Rangement Et Synthese De Donnes Relationnelles.

**PROMETHEE:** Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation.

**QUALIFLEX:** Qualitative Flexible Multiple Criteria.

**RRHH:** Recursos Humanos.

**SAW:** Simple additive weighting.

**SIR:** Superiority and Inferiority Ranking.

**SMART:** The Simple Multi-Attribute Rating Technique.

**SWARA:** Stepwise Weight Assessment Ratio Analysis.

**TOPSIS:** Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution.

**VIKOR:** Vlse Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje, in Serbian.

**WASPAS:** Weighted Aggregated Sum Product Assessment.







# 1. Capítulo I: Introducción y objetivos

## 1.1. Introducción

La toma de decisiones es una de las tareas más importantes y fundamentales para lograr el cumplimiento de los objetivos de toda empresa. Esto implica tener que determinar posibles soluciones a ciertos problemas, evaluar la factibilidad, los aspectos positivos y negativos; y los resultados de implementar y seleccionar cada alternativa. En la toma de decisiones se pueden encontrar diferentes etapas, desde la determinación del problema principal, la evaluación de las posibles soluciones o alternativas, el análisis de cada criterio y finalmente la elección de la mejor solución, respectivamente. La toma de decisiones mediante los métodos multicriterio, pueden ser una excelente alternativa para solucionar los problemas de selección, tema que se profundizará a lo largo de esta investigación, enfocado en la selección de proveedores.

MCDM (Multiple-criteria decision-making), examina detalladamente múltiples criterios en el problema de la toma de decisiones. En los últimos diez años, se han publicado una gran cantidad de artículos, documentos de conferencias y libros en este importante campo de la investigación operativa.

La selección de proveedores es una de las actividades más importantes y cotidianas para que las industrias obtengan una ventaja competitiva y alcancen los objetivos de toda la cadena de suministro. La decisión sobre un determinado proveedor y de los pedidos propios de ellos, puede brindar un beneficio significativo en la reducción de los costos de la compra, la disminución de la falta de abastecimiento, el aporte ecológico-ambiental y la calidad del producto. Por lo tanto, al seleccionar minuciosamente al proveedor adecuado, se aportará ventajas de éxito a la organización al enfrentarse al entorno competitivo.

En muchos casos, las organizaciones suelen elegir a más de un proveedor para sus productos, para asegurar la continuidad del suministro entre las diferentes opciones. Continuamente, las empresas se enfrentan a algunos problemas, como el retraso en el tiempo de entrega, la capacidad de cumplimiento de un proveedor y el bajo rendimiento en los estándares de calidad. Por lo tanto, al tomar la decisión sobre un segundo y/o tercer proveedor, se logrará obtener un abastecimiento múltiple, lográndose complementar con otros proveedores.



La selección de proveedores basados en indicadores sostenibles (económicos, ambientales y sociales) se han convertido en una herramienta fundamental para realizar un análisis estratégico de todo el proceso de la cadena de suministro y maximizar la ventaja competitiva de las empresas. Es por esto, que los modelos de decisión multicriterio también van evolucionando en la búsqueda de apoyar a las organizaciones en la toma de decisiones, para elegir proveedores.

En lo personal, después de ver la asignatura “Métodos cuantitativos en la logística”, pude llevar a cabo una revisión bibliográfica de un método de decisión multicriterio y la aplicación de este en un ejemplo práctico. Con este trabajo, aprendí de la importancia de la toma de decisiones, desde las perspectivas teóricas y prácticas, empleando diferentes métodos de decisión multicriterio, para la solución de un problema en la vida real, y que, según el estudio bibliográfico realizado a lo largo del desarrollo de este trabajo, la aplicación de estos es cada vez mayor dentro de las organizaciones, de diferentes sectores. Por este motivo es el interés de realizar un análisis bibliográfico en la literatura científica, teniendo como objetivo general identificar y comprender mejor a cerca de los métodos de toma de decisiones, la clasificación de los mismos, el enfoque en los métodos más utilizados según este análisis, dar a conocer cuáles son los resultados y/o conclusiones que suelen obtener las organizaciones analizadas, y en general, la aplicación contemporánea de MCDM en la selección de proveedores en las empresas industriales en particular, desde una perspectiva teórica.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. *Objetivo general*

El objetivo principal de este trabajo de fin de máster es recopilar y analizar toda la información de la búsqueda bibliográfica sobre la aplicación de los métodos de decisión multicriterio en la selección de proveedores.

### 1.2.2. **Objetivos específicos**

Para cumplir con el objetivo general de esta investigación, es importante establecer los objetivos específicos que soporten la finalidad del trabajo:

- Investigar sobre el marco teórico que fundamenta el uso de los métodos de decisión multicriterio en la toma de decisiones, para la selección de proveedores y la gestión de la cadena suministro.
- Establecer el procedimiento de la revisión y búsqueda bibliográfica del trabajo.
- Analizar los resultados obtenidos de la revisión bibliográfica en la investigación.

Con el análisis bibliográfico realizado en la base de datos Scopus, se permitirá dar a conocer a cerca de los métodos de análisis multicriterio más utilizados, y se podrá comprender su importancia en la selección de proveedores y la gestión de la cadena de suministro.

### 1.3. Alcance

Para el presente trabajo, se ha tenido en cuenta los artículos hallados en las bases de datos Scopus, en relación a investigaciones publicadas entre el período 2012 hasta el año 2022, realizando las búsquedas en el idioma inglés de las palabras claves “MCDM”, “Supplier selection” y “supply chain”.

### 1.4. Estructura

La presente investigación, está estructurada empezando con una portada, resumen/abstract, agradecimientos, índices y la estructura del trabajo que está formado de la siguiente manera:

- Capítulo I: Introducción, presentación de los antecedentes de la investigación, la motivación, el objetivo general y los específicos, así como la estructura del TFM.
- Capítulo II: Toma de decisiones y clasificación de los métodos de decisión multicriterio (MCDM): Contiene el marco teórico en el que se basa la investigación en lo referente a la toma de decisiones en la selección de proveedores.
- Capítulo III: Logística y cadena de suministro en la selección de proveedores: Enmarca temas referentes a la gestión logística y la cadena de suministro en la elección de los proveedores.
- Capítulo IV: Análisis bibliométrico de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores; en donde se evidencia el procedimiento de revisión bibliográfica en la base de datos Scopus.



## Capítulo I: Introducción y objetivos

---

- Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación del MCDM en la selección de proveedores; en donde se evidencian los resultados hallados por los investigadores en cada artículo y sus respectivas discusiones.
- Capítulo VI: Estudio económico: A lo largo de este capítulo se realizará el estudio económico, de los costes reflejados en esta investigación.

Al terminar, se muestran las conclusiones de la investigación, los futuros desarrollos y las fuentes bibliográficas que soportan esta investigación.





## **2. Capítulo II: Toma de decisiones y clasificación de los Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM)**

La toma de decisiones es una de las acciones más importantes en toda organización, pues cada acción es precedida por una decisión y todo proceso interno y externo, es llevado a cabo a partir de una decisión tomada. Es decir, para poder comprender una empresa, se debe comprender cómo se toman las decisiones en su día a día.

Esta rutina diaria, incluye la toma de decisiones y la solución de problemas en la selección de proveedores, que cada vez se basan más en indicadores verdes (con impacto positivo en la responsabilidad sostenible, social y económica), por medio de diferentes métodos, que se han convertido en una herramienta fundamental para maximizar las ventajas competitivas de las empresas, y así poder realizar un estudio estratégico de todo el panorama de la cadena de suministro.

Para que haya una coordinación en la toma de decisiones, las personas interesadas y/o implicadas, utilizan diferentes sistemas de información, para disminuir el riesgo y la incertidumbre en el abastecimiento. Es por esto, que es importante establecer diferentes modelos en donde se puedan recopilar la mayor cantidad posible de información, en la adaptación de los métodos multicriterio.

A continuación, se dará un acercamiento a la historia de la toma de decisiones, se dará a conocer la definición de dicho concepto, y todo lo que implica tomar una decisión, desde la definición de un problema, hasta la construcción final. Además, la clasificación de los métodos multicriterio que apoyan a la toma de dicha decisión.

### **2.1. Historia de la toma de decisiones**

Muchos historiadores han relacionado el origen de la toma de decisiones con los primeros seres humanos, en sus momentos de supervivencia, pues debían incurrir a tomar una decisión, de la cual, dependía su vida.

Con el pasar de la evolución, estas decisiones tomaban más rumbos, de carácter religiosos, culturales, entre otros. Este tipo de decisiones pueden atribuir con los antiguos griegos; y es en el siglo VI a.C. en donde aparece el concepto de “racionalidad”, en donde Aristóteles debate su significado por primera vez, afirmando que éste es un requisito de vida para encontrar la verdad. Por otro lado, Sócrates, en su intento de entender la racionalidad de



## Capítulo II: Toma de decisiones y clasificación de los Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM)

---

las personas en sus acciones, afirma que la verdadera guía para tomar decisiones es la moralidad. (Bonatti, 2019).

Para aquel momento, dichos filósofos, no tenían presente los conceptos matemáticos suficientes para tomar una decisión, como la ponderación, la normalización o la probabilidad; por lo tanto, se basaban en una elección racional. (Manger, 2019).

Finalizando la época medieval, los matemáticos Blaise Pascal y Pierre de Fermat comenzaron a discutir sobre el concepto de probabilidad. La gente percibía el futuro como algo más allá de una cuestión de suerte o únicamente el resultado de creencias religiosas. (Lazes, 2016).

Años después, nuevamente surge investigaciones sobre el racionalismo, esta vez por el filósofo y matemático René Descartes, en el año 1644. Denominado el “Racionalismo moderno”, en esta ocasión, se cuestiona que, para llegar a una verdad absoluta, no se elige desde los sentidos, sino de las ideas de la mente, es decir, el ser humano debe ser guiado por la razón, no por los sentidos. De allí su reconocida frase “pienso, luego existo” (Bonatti, 2019).

Posteriormente, la probabilidad vuelve a surgir, con los juegos de azar, ejemplificado por el lanzamiento de dados, calculando las posibilidades del lanzar ciertos números, en manera aleatoria. Por lo tanto, este fue un sistema para deducir lo que posiblemente fuera a pasar, antes de que sucediera. Este descubrimiento, denominado “La teoría de la probabilidad”, fue un gran avance para la gestión de negocios y la gestión de riesgos (Lazes, 2016).

En 1662, John Graunt, considerado el primer demógrafo, que usaba probabilidades experimentales, aportó de gran manera a la Teoría de la probabilidad, empleándolas empíricamente, en estudios de tasas de mortalidad. A pesar de que estos porcentajes carecían de precisión absoluta, logró realizar estimaciones cercanas en lo que respectaba a la expectativa de vida de las personas en su investigación, lo que también terminaría ayudando a las compañías de seguros de automóviles y de vida, a decidir el costo de cobertura de sus servicios. (Lazes, 2016).

En 1685, el matemático francés Abraham de Moivre, publicó el libro de probabilidad “Doctrina de Oportunidades”. Esta publicación incluía instrucciones sobre cómo hallar la

probabilidad. Moivre realizó importantes aportaciones sobre la ésta y sus teorías existentes, pero además agregó sus propias ideas nuevas que revolucionaron la forma moderna de pensar en relación con la época. (Lazes, 2016).

En 1738, la “Teoría de la utilidad esperada”, fue planteada por Daniel Bernoulli, el cual, basa sus creencias en las decisiones racionales de los individuos. Según esta teoría, las personas pueden sistemáticamente organizar sus opciones en función de sus preferencias. La elección decidida, sería la que mayor utilidad dejase al tomador de la decisión. (Larsson & MacCrimmon , 1979).

Años después, el astrónomo Pierre-Simon de Laplace en 1812, en su libro “Théorie analytique des probabilités”, refirió a la filosofía de las probabilidades y a problemas específicos; así como los métodos estadísticos y sus aplicaciones, incluyendo los juegos de azar y tablas de mortalidad, dando una gran contribución a los estudios de los métodos de decisión. (Lazes, 2016).

A finales del siglo XIX, el economista Wilfredo Pareto, aporta un pilar muy importante dentro de la economía neoclásica. En su búsqueda por solucionar los problemas de decisión, proporciona el conocido “Optimal Pareto” o la eficiencia de Pareto, la cual sostiene que, en una organización, no es posible redistribuir los recursos para mejorar el bienestar de un individuo sin empeorar al menos la situación de otro. El objetivo de esta teoría es reducir el número de alternativas a investigar, para que el procedimiento sea más rápido, y eliminar las alternativas que, por su mal comportamiento, no cumpliesen con las expectativas del interesado. (Felegyhazi & Hubaux, 2006).

Años más tarde, en los 50’, se formalizó la “Teoría de los Juegos”, definida por el matemático John Von Neuman, el cual trata de analizar situaciones en las que los interesados en tomar la decisión deben hacer acciones específicas, que muy posiblemente traen consecuencias mutuas conflictivas. La Teoría de los Juegos tiene aplicaciones prominentes en la economía, particularmente en la modelización de la competencia entre empresas. (Felegyhazi & Hubaux, 2006).

El equilibrio de Nash también fue un trabajo reconocido en su época por su aportación en la toma de decisiones; el cual se cumple en una situación en la que ninguno de los



## Capítulo II: Toma de decisiones y clasificación de los Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM)

---

participantes del juego, quieren cambiar unilateralmente de decisión porque cambiarla, empeoraría las condiciones de todos. Cuando todos los jugadores hayan tomado una decisión, que no afectase el bienestar de alguno, se considera que se ha alcanzado un equilibrio de Nash. (Felegyhazi & Hubaux, 2006).

En general, las estrategias usadas en la Teoría de los juegos fueron estrictamente basadas en predicciones y el azar, que pudieron concluir en resultados muy imprecisos, pues “cualquier cosa podía suceder”.

Para aquel tiempo, los decisores no tenían muchas habilidades para hacer cálculos, pero eran basados en el empirismo. Las preferencias solían ser muy tradicionales: maximizar el beneficio económico, minimizar costes y obtener mayores ganancias. Sin embargo, esta forma de decidir podía significar un problema, pues era muy limitado, ante un mundo abierto de posibilidades.

Simultáneamente, se formaliza el modelo clásico de la toma de decisiones, en donde se agrupan diferentes teorías publicadas en la época; generalmente se debían considerar todos los comportamientos y resultados posibles, luego clasificar los resultados del más deseable al menos deseable (a criterio del decisor), y luego elegir la opción más favorable para el interesado. Desde aquel momento, Herbert Simon propone la búsqueda de decisiones satisfactorias, en donde la satisfacción se prioriza más que el optimismo económico. Es decir, sugiere que personas interesadas califiquen los posibles comportamientos en función del nivel de aspiración, satisfactorios o insatisfactorios. (Manger, 2019).

Más adelante, Simon, también sugirió “programar” la toma de decisiones, aplicable en aquellas situaciones en donde los problemas se repitiesen constantemente, siendo posible mecanizar el procedimiento de la toma de decisiones, y dar con una solución programada. Para que una organización pudiera hacer esto sin necesidad de empezar desde cero, se necesitaba cierto tiempo de inversión y aprendizaje, pero al mismo tiempo este modelo benefició significativamente, pues gran parte de la toma de decisiones dentro de una empresa está regulada. (Manger, 2019).

En Europa, en la década de los 70, Bernard Roy, junto con su equipo de trabajo, desarrollaron ELECTRE, lo cual trata de un grupo de métodos de análisis de decisiones multicriterio. La idea principal de esta creación era de construir una red dirigida a diferentes preferencias. Con el uso de los métodos, se consideró que la toma de decisiones superaría las expectativas y los resultados.

Por otra parte, en la misma década, Thomas Saaty introdujo el Proceso de Jerarquía Analítica, siendo uno de los métodos más exitosos en Métodos de Decisión Multicriterio aplicados actualmente.

## **2.2. Toma de decisiones: Definición**

Según Herbert Simon (2009), el concepto de toma de decisiones es el núcleo de toda acción logística y empresarial. Es el “corazón de la organización” y dicha acción a su vez, se deriva de la lógica y la psicología de la elección humana.

En la teoría de Simon, se afirma que los seres humanos son actores perfectamente racionales a la hora de tomar decisiones. Es decir, esta acción fundamental, nace a partir de la razón, pero para llegar al punto de decidir, es necesario contar con un flujo de información sobre el entorno que influencia el objetivo-problema.

Básicamente, es posible definir a la toma de decisiones como proceso de hacer una elección entre un número de alternativas para lograr un resultado deseado (Eisenfuhr, 2011).

Los responsables de la toma de decisiones suelen tener preferencias entre un conjunto de resultados con información completa, convincente y relevante. A estas preferencias cualitativas de los criterios, se les pueden asignar valores cuantitativos llamados utilidades.

Estas utilidades refieren a los beneficios de un resultado para las partes interesadas: minimizar el tiempo de aprovisionamiento y los costes, el cumplimiento de entrega en el menor tiempo posible, mayor calidad en el producto, menor distancia entre proveedor y cliente, mayor nivel de sostenibilidad en cada proveedor, mejor nivel de servicio, entre otros tipos de criterios.



Es evidente que una organización es una estructura creada para la toma de decisiones y que implica todos sus niveles, y Herbert Simon divide esta acción en tres partes que se mencionarán a continuación.

## **2.3. Proceso de Toma de Decisiones**

### **2.3.1. Representación del problema**

Las personas interesadas tratan de comprender el entorno organizacional en el que se deben tomar las decisiones, y las necesidades actuales que presenta la empresa. La actividad principal en un inicio es encontrar los atributos de las diferentes alternativas para luego empezar a tomar decisiones. Manger (2019), fundamentado en la teoría de Simon, esta es la fase de la inteligencia, en donde el responsable debe buscar las condiciones que requieran dicha decisión.

### **2.3.2. Actividad del diseño**

La persona que toma la decisión trata de identificar todas las opciones posibles antes de tomar una acción final. Esto implica tiempo, inversión e investigación para concluir la mejor alternativa posible. Se centra en desarrollar, por diferentes métodos de toma de decisiones, las mejores alternativas posibles, de acuerdo con los atributos tenidos en cuenta, y así crear los resultados representados en el modelo de toma de decisiones.

### **2.3.3. Aplicación del método de solución al problema**

Es la etapa de elección y revisión, en donde el tomador de decisiones se enfoca en seleccionar y revisar los resultados obtenidos con la aplicación de los diferentes métodos de acuerdo con lo que se ha representado en el modelo. Finalmente, se elige una de las opciones seleccionadas, que se convierte en la decisión.

Ahora bien, desde la perspectiva teórica, Simon trata en su investigación a la toma de decisiones como una acción dividida en tres pasos, pero realmente cada fase, implica varias acciones a realizar, teniendo en cuenta los diferentes métodos, en este caso, los métodos de decisión multicriterio; y a la vez el tiempo e inversión, para lograr obtener los mejores resultados para la organización.

La toma de decisiones es, por lo tanto, una elección entre diferentes alternativas y la elección a su vez, en la mayoría de los casos, implica que éstas sean ponderadas y pasen a ser datos cuantitativos, pues según Simon, cada decisión consiste en combinar las percepciones con valores medibles. Por otro lado, también insiste en hacer análisis cualitativos, en donde incluya la “ética” pertenecientes en la toma de decisiones. Cada decisión, por lo tanto, incluye alternativas cualitativas y cuantitativas. (Manger, 2019).

#### **2.4. Toma de decisiones en la organización**

Bonome (2009), basada en la teoría de March y Simon, afirma que algo relativamente permanente en toda organización son los patrones de comportamiento y su influencia en los procedimientos de toma de decisiones, ya sean conocidos o aún por descubrir. Por lo tanto, es más visible una estructura formada como un conjunto de decisiones relacionadas que como un grupo de personas, pues éstas no son tan permanentes. Como en toda organización, existe las jerarquías de decisiones: las decisiones de nivel superior pueden contener restricciones sobre la toma de decisiones de nivel inferior. Sin embargo, una decisión puede afectar o beneficiar a todos los niveles organizacionales al mismo tiempo.

Según estos autores, la organización "sobrevive" mientras exista un equilibrio organizacional. Hay decisiones fundamentales dentro de la empresa. En los procedimientos de toma de decisiones, las personas responsables o encargadas, deben asegurarse de que estas decisiones sean llevadas a cabo de la mejor manera. Es decir, para que la organización sea competitiva y beneficiada, las decisiones deben conducir a un balance positivo entre los intereses de las personas encargadas y los demás miembros del equipo.

Simon consideraba que los patrones de comportamiento dentro de una organización influían mucho en la toma de decisiones, ya fuesen permanentes o aún por descubrir. También afirmaba que era más exacto percibir una organización como un conjunto de decisiones que como un grupo de personas. Lógicamente, existían las jerarquías de decisiones, siendo el rango superior, los mayores decisores en general, que contenían órdenes sobre la toma de decisiones de nivel inferior.

Actualmente, dentro de los diferentes ámbitos de aplicación de un método de decisión, pueden ser empleados en diversas áreas:



- Compras y selección de proveedores.
- I+D.
- Proyectos de inversión.
- Selección de transporte.
- Selección de subcontratistas o licitantes.
- Ubicación de una nueva planta.
- Reclutamiento y selección de personal.
- Otros.

En el proceso de la selección de proveedores, también es posible definir las fases que lo componen. Bonome (2009), lo divide en cuatro fases: La definición de los problemas, que bien, concuerda con la teoría de Simon en toda toma de decisión; la identificación de los criterios de estudio, la determinación de proveedores potenciales y selección del mejor proveedor. La selección de proveedores es un problema de toma de decisiones de criterios múltiples (MCDM) ya que el proceso trata con más de un criterio.

Aplicando los métodos MCDM, se comparan las diferentes alternativas de los proveedores y es posible calcular los pesos de cada criterio con mayor exactitud, midiendo a la vez, el nivel de desempeño de los proveedores según los datos obtenidos, y finalmente se toma una decisión.

### 2.5. MCDM: Definición

MCDM (métodos de decisión multicriterio), hace parte de la investigación que se ocupa de estructurar y resolver problemas de decisión en la cual intervienen múltiples criterios. La finalidad de este método es ayudar a los investigadores, responsables o personas interesadas, a tomar una decisión frente a uno o varios problemas. Normalmente, no existe una solución perfecta para dichos problemas y por esto, es que es necesario facilitar las situaciones, utilizando las preferencias de los interesados, para diferenciar entre distintas soluciones.

Según Alinezhad y Khalili (2019), el MCDM, incluye dos categorías: La toma de decisiones con atributos múltiples (MADM) y la toma de decisiones con objetivos múltiples

(MODM), existiendo a su vez, varios métodos dentro de las clasificaciones mencionadas anteriormente. Los métodos basados en las distancias, en clasificaciones jerárquicas, en clasificaciones preferenciales, y entre otras, son algunos de los métodos más comunes de MCDM que se emplean en la evaluación y solución más adecuada para diversas aplicaciones de diferentes ramas de estudio. En la mayoría de los métodos MCDM se asigna un cierto peso a cada criterio.

Dado que las aplicaciones de MADM (Toma de Decisiones por Múltiples Atributos), son en su mayoría, más comunes que MODM, existen más publicaciones científicas de este método en los últimos años, especialmente de aplicaciones en las áreas de la medicina, la ingeniería, las ciencias de la computación y las empresariales.

En general, involucrar un análisis de MCDM, puede garantizar que la solución propuesta sea aceptable para una organización que se verá beneficiada o afectada por esta acción. Por otro lado, los criterios analizados críticamente en técnicas MCDM, aseguran que las soluciones adoptadas tendrán un impacto positivo general y se podría reflejar un crecimiento en las diferentes áreas de aplicación.

## **2.6. Clasificación de los métodos de decisión**

Los métodos de decisión multicriterio, inicialmente se clasifica en: Métodos de decisión multiobjetivo (MODM), el cual, evalúa alternativas continuas y abordan problemas de optimización multiobjetivo; y los métodos de decisión multiatributo (MADM), en el cual se analizan a profundidad, los diferentes atributos, siendo estos métodos, los más utilizados en la actualidad. (Thakkar, 2021).

### **2.6.1. Métodos de apoyo a la decisión multiatributo (MADM)**

Como se ha mencionado anteriormente, el responsable debe elegir la mejor solución o soluciones entre todas las alternativas basadas en la prioridad de cada atributo y la interacción entre ellos. En este grupo de métodos, en general, el problema a tratar implica una serie de número limitado de alternativas. Hwang y Yoon (1981), afirman que hay dos clasificaciones principales en el procesamiento de información de los atributos, con el fin de llegar a una elección: métodos no compensatorios y compensatorios.



### ***Métodos no compensatorios***

Hwang y Yoon (1981), definen estos métodos como aquellos que no permiten compensaciones entre atributos. Es decir, un atributo no puede ser compensado por la ventaja del otro. A lo que definen esta situación como una desventaja, pues cada atributo debe valerse por sí mismo, al igual que las comparaciones, se deben hacer en función de sí mismos.

A continuación, algunos de los métodos no compensatorios más utilizados, según Hwang y Yoon (1981):

#### ***Dominancia***

En este método, se deben explorar todas las alternativas y encontrar cuáles son las mejores (aquellas que sobresalen en uno a más atributos y son dominantes); y cuáles son las peores (aquellas que son débiles o dominadas) siendo el segundo caso, las eliminadas. Con dicha eliminación, se reduce el número de alternativas a considerar, facilitando depurar el procedimiento inicial de filtración.

#### ***Eliminación por aspectos***

Este método se basa en la selección sucesiva de los atributos. Éstos son comparados entre sí, y a la vez, son descartados de la consideración si no superan un nivel mínimo de aceptabilidad. El decisor debe especificar los límites mínimos para cada atributo, y posteriormente, eliminar todas las alternativas que no pasan el límite para ese atributo. Al final, se obtendrá como resultado, una sola alternativa. (Hwang & Yoon, Multiple Attribute Decision Making, 1981).

#### ***Lexicográfico***

El decisor debe comparar las alternativas en el orden de los atributos importantes desde su propia perspectiva y escoger la alternativa con el valor más alto en el atributo que considere más relevante. Después de haber descartado varias alternativas, hasta que sólo quede una o hasta que se hayan considerado todos los atributos. (Hwang & Yoon, Multiple Attribute Decision Making, 1981).

### ***Maximax***

A diferencia del método anterior, el criterio Maximax, se basa en la elección de una alternativa con un mayor nivel de optimismo posible. Es decir, que el decisor debe identificar el valor de atributo más alto para cada alternativa, siendo el valor mayor, a alternativa a elegir.

### ***Maximin***

El tomador de la decisión debe seleccionar el valor máximo (a través de alternativas) de los valores mínimos (a través de atributos); es decir, se debe escoger “lo mejor” de las peores condiciones o atributos posibles. Según este procedimiento, solo un único atributo más débil representa una alternativa; todos los demás atributos de una alternativa son ignorados. El método Maximin, solo puede utilizarse cuando los valores entre atributos son diferentes, es decir, comparables entre sí.

### ***Método conjuntivo***

En este método, el tomador de la decisión debe establecer los valores mínimos aceptables para cada atributo y especificar una puntuación mínima aceptable. Chen y Hwang (1992), afirman que, para cada alternativa, se debe determinar si el valor de cada uno de sus atributos es superior o igual al puntaje mínimo aceptable. De ser así, esta alternativa es aceptable, y de no ser así, estas alternativas son eliminadas.

### ***Método disyuntivo***

Según Chen y Hwang (1992), el nivel óptimo en este método es cuando los valores de los atributos en cada alternativa superen o excedan las expectativas del tomador de la decisión; es decir, una alternativa se evalúa en función del mayor valor de un atributo. Para esto, el decisor tendrá que especificar una expectativa deseable. Si en las alternativas sus atributos igualan o superan dicha expectativa, la alternativa es aceptable.

### ***Métodos compensatorios***

Hwang y Yoon (1981), afirman que estos métodos permiten compensaciones e interacciones entre los atributos. A diferencia de los no compensatorios, en estos modelos, los atributos que se encuentren en desventaja pueden ser compensados por aquellos que se encuentren en un nivel deseable. Esta puntuación, normalmente es asignada por el decisor dependiendo de sus intereses.



Existen varios métodos para resolver problemas de soporte de decisiones de múltiples atributos:

### ***AHP***

Definido por el norteamericano Thomas L. Saaty en los años 80, es empleado para la ayuda en la toma de decisiones de múltiples criterios, en donde apoya a las personas en establecer prioridades entre las diferentes alternativas y tomar las mejores decisiones teniendo en cuenta los aspectos cualitativos y cuantitativos de la decisión.

El desarrollo de este método consiste en realizar estudios previos y empíricos para luego formar una jerarquía de acuerdo con la percepción de importancia sobre los criterios. Una vez realizada la jerarquía, se comparan las alternativas de decisión con respecto a cada criterio y finalmente se determina la prioridad general para cada alternativa de decisión y la clasificación general de las alternativas de decisión. (Saaty, 1987).

### ***ANP***

Establecido por Saaty en 1996, en donde un problema de toma de decisiones se debe analizar en diferentes niveles, y la suma de éstos, forma una jerarquía. Este método considera todo tipo de dependencias entre atributos, y resuelve los problemas de independencia en una situación real. Por ende, no hay necesidad de la independencia entre los atributos. Dada a la alta flexibilidad de este método, se utiliza en combinación con otros y en diferentes entornos de incertidumbre. (Saaty T. , 2004).

### ***ARAS***

Tiene como objetivo principal seleccionar la mejor alternativa basándose en atributos y sus pesos correspondientes. Desarrollado por Edmundas, Zavadskas y Turskis, en el año 2010, es un método compensatorio y los atributos cualitativos deben convertirse en atributos cuantitativos. Se caracteriza por su facilidad en el uso y el poco tiempo de cálculo. Los atributos son independientes. Es un método contemporáneo, y fácil de emplear.

### ***Asignación lineal***

Este método consiste en clasificar las alternativas, de acuerdo con los atributos, por medio de una compensación lineal. Los datos de entrada son los originales de la situación. Por medio de la creación de una matriz y la puntuación de los rangos de los atributos, se debe asignar un rango a cada alternativa. Al sumar estos rangos, se obtendrán los resultados, desde la suma más baja a la más alta. (Hwang & Yoon, Multiple Attribute Decision Making, 1981).

Según Sadeghravesh et. al. (2016), la clasificación final de las alternativas es caracterizada a través del proceso de compensación lineal (por cada interacción posible entre índices), proporcionando la estabilidad necesaria para solucionar el problema y tomar la decisión.

### ***BWM***

En este método, desarrollado por Rezaei en el 2015, es utilizado para evaluar las alternativas, en especial, cuando no se dispone de indicadores para tal fin. En este caso, se debe encontrar el peso de los criterios, identificando junto con un equipo de decisores, el mejor y el peor criterio, por medio de la obtención de vectores (BO-OW). Este método es altamente aplicado en la ponderación de los criterios dentro de las alternativas, para la selección de proveedores. Rezaei et. al. (2020).

### ***CODAS***

Según Ghorabae et. at. (2016) , este método, ayuda a solucionar problemas de toma de decisiones, basado en el criterio distancia. Para analizar las diferentes alternativas sobre múltiples criterios, el método prioriza la distancia ordinaria, que equivale entre el punto A y B, y/o entre otras. Estas distancias se calculan según la solución ideal-negativa. Por lo tanto, la alternativa que tiene mayores distancias es la más deseable.

### ***COPRAS***

Introducido por Zavadskas, Kaklauskas y Sarka en 1994. Este método es empleado para evaluar la maximización y minimización de los valores y el efecto de maximizar y minimizar los índices de atributos en la evaluación de los resultados. Sus atributos son independientes; y deben convertirse de cualitativos a cuantitativos.



### ***CRITIC***

Este método, propuesto por Diakoulaki, Mavrotas, y Papayannakis en 1995, es utilizado principalmente para especificar el peso y la clasificación de los atributos, aplicando el coeficiente de correlación, para determinar la relación entre todos los atributos. Después de convertir los atributos cualitativos en cuantitativos y determinar la matriz de decisión, se concluye finalmente, el atributo superior.

### ***DEMATEL***

Presentado por Fonetla y Gabus en 1971, es un método en donde se utiliza principalmente para estudiar cuestiones globales muy complejas, en donde se debe construir una red diseño, para examinar la relación interna entre los atributos. En este método, no hay necesidad de la independencia de los atributos; y los cualitativos se convierten en los atributos cuantitativos.

### ***EDAS***

Presentado por Keshavarz Ghorabae, Zavadskas, Olfat y Turskis en 2015, es un método práctico con los atributos contradictorios, y la mejor alternativa se elige calculando las distancias positivas y negativas, del valor óptimo. El valor óptimo es determinado por la matriz de decisión. Los atributos son independientes entre sí; y deben convertirse en atributos cuantitativos.

### ***ELECTRE***

Introducido por primera vez en 1966 por Roy, es uno de los métodos más utilizados por investigadores y expertos debido a su desarrollo, teniendo en cuenta que este método está disponible en software. En este método se realiza una comparación entre las alternativas de acuerdo con los pesos de cada criterio, en donde se confirma la dominancia de cada una. En caso tal de que las dos o más alternativas no se dominen matemáticamente, el tomador de la decisión acepta el riesgo de considerar cual alternativa es mejor. Por otra parte, en el desarrollo de este método, se presenta ELECTRE II, con el fin de aumentar la precisión, y combinar grados de incertidumbre. Los atributos cualitativos deben transformarse en cuantitativos. (Roy B, 1985).

En el método ELECTRE III/IV, se clasifica posteriormente un conjunto finito de alternativas con uno de los criterios, basado en las preferencias del decisor. Esta etapa se denomina “análisis de la concordancia”. La relación de superación indica hasta qué punto "a supere b". (Zak & Kruszyński, 2015).

### ***EVAMIX***

Este método, introducido en 1982 por Voogd, ayuda al decisor a lograr una solución rápida, debido a su flexibilidad en convertir los atributos cualitativos en cuantitativos. Es un método ágil, en donde los atributos son independientes entre sí; y no hace falta convertir los atributos cualitativos en cuantitativos. (Alinezhad & Khalili, 2019).

### ***EXPROM***

Este método fue establecido por primera vez por Diakoulaki y Koumoutsos en 1991. Conocido como una extensión de PROMETHEE, su objetivo principal es evaluar todas las alternativas, clasificándolas con mayor precisión, de acuerdo con la información disponible. En EXPROM I, dicha información, solo es adquirida desde los flujos de entrada y salida y se realiza una clasificación parcial, pero en EXPROM II, se analiza todo el flujo neto de información y se realiza una clasificación completa de todas las alternativas. Es un método en donde los atributos cualitativos se convierten en atributos cuantitativos, y no hay independencia entre los mismos. (Diakoulaki & Koumoutsos, 1991).

### ***FUCOM***

Pamucar et. al. (2018) tuvo como objetivo resolver el problema de calcular las ponderaciones de los criterios, lo que permite establecer con precisión los coeficientes de peso para todos los elementos y, al mismo tiempo, cumplir con las condiciones de consistencia en las comparaciones. Este método reduce las posibilidades de errores debido al pequeño número de comparaciones empleadas en el mismo y las restricciones definidas al calcular los valores óptimos de los criterios.

### ***IDOCRIW***

Establecido por Zavadskas y Podvezko en 2016, en el cual, se integran todos los pesos de los atributos obtenidos de los métodos de entropía y CILOS. Este método es el primero, que combina dos métodos diferentes en el área de la evaluación de atributos, con el fin de aumentar



la precisión y la fiabilidad de la técnica. Los atributos cualitativos deben convertirse en atributos cuantitativos. (Alinezhad & Khalili, 2019).

### ***ISM***

Warfield (1973), propuso por primera vez el modelado estructural interpretativo (ISM) ayuda al decisor a analizar sistemas socioeconómicos complejos, y a evidenciar el dominio en un modelo de interrelaciones. Este método se ha utilizado principalmente para situaciones de riesgo y control, en la gestión de la cadena de suministro. Se debe identificar previamente los criterios, para luego establecer una relación contextual entre dimensiones o indicadores y construir una matriz estructural por comparación por pares.

### ***ITARA***

Hafeti (2019), propuso asignar los pesos a los criterios para la toma de decisiones, por medio del método ITARA, el cual, se basa en el concepto de “umbral de indiferencia (IT)” y pertenece al grupo de técnicas de medición de la dispersión de datos. Este método establece que, a una mayor dispersión de datos, un mayor peso del criterio relevante y un umbral de indiferencia de atributo más amplio.

### ***KEMIRA***

Es uno de los métodos contemporáneos, establecido por Krylovas, Zavadskas, Kosareva y Dadelo en 2014. En este método, la clasificación final de las alternativas se realiza después de determinar la prioridad y el peso de los atributos en dos grupos diferentes y en la forma de la matriz de decisión especificada por los expertos. En este método, los atributos cualitativos deben convertirse en los atributos cuantitativos. (Alinezhad & Khalili, 2019).

### ***MABAC***

Método presentado por Pamucar y Cirovic en 2015, el cual, tiene como objetivos, evaluar y clasificar las alternativas, señalando sus diferencias, y definir la distancia de las alternativas a la zona de aproximación fronteriza. Este método es empleado principalmente en la elección de la ubicación de parques eólicos, implementación de la generación de energía y evaluación de estaciones ferroviarias. Por otra parte, los atributos son independientes entre sí, y deben pasar de ser atributos cualitativos a cuantitativos.

### ***MACBETH***

Este método, introducido por Costa y Vansnick en 1990, analiza las alternativas con objetivos opuestos y múltiples alternativas. Se considera un método interactivo, ideal para determinar las alternativas con respecto a una amplia gama de atributos cualitativos y cuantitativos. No hay necesidad de convertir los atributos cualitativos en cuantitativos atributos y éstos son independientes.

### ***MARCOS***

Este método, relativamente nuevo, planteado por Stević en 2020, considera que, para determinar una solución aceptable, se debe plantear desde un inicio, una solución anti-ideal (el más lejos del punto de referencia) y el ideal (el más cerca al punto de referencia); previamente a la formación de una matriz. Es decir, se basa en la definición de la utilidad de las alternativas, para luego encontrar las ponderaciones alternativas y su clasificación. Stević et. al. (2018).

### ***MAUT***

En este método, introducido por Keeney y Raiffa en 1976, la toma de decisiones es simple y con gran libertad de acción hacia los decisores, para obtener resultados más realistas y precisos, siendo esto, una ventaja para la organización. Este método es aplicable en varios ámbitos empresariales. Los atributos son independientes entre sí; y éstos deben convertirse de métodos cualitativos a cuantitativos.

### ***ORESTE***

Definido por Roubens en 1980, es un método que se utiliza cuando el decisor proporciona una clasificación inicial de los atributos, luego se escoge la mejor alternativa, que va acompañada de diferentes atributos cuantitativos y cualitativos. Los atributos son independientes y no hay necesidad de convertirlos de cualitativos a cuantitativos. (Zhang C, 2018).

### ***PAMSSEM***

Establecido por Martel, Kiss y Rousseau en 1996. En este método, se elige la mejor alternativa usando un enfoque de ranking superior, de acuerdo con el ordinal o cardenal de cada atributo, de acuerdo con las preferencias del decisor. Por otra parte, el flujo neto se determina



## Capítulo II: Toma de decisiones y clasificación de los Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM)

---

como valores finales y las alternativas se clasifican completamente. Los atributos cualitativos deben convertirse en atributos cuantitativos; y no hay independencia entre los mismos.

### *Ponderación aditiva simple*

Probablemente, este método sea uno de los más utilizados en casos de decisión multicriterio, para diferentes ramas del conocimiento, debido a que es un método fácil de usar y muy intuitivo. Este método, propuesto por Zionts y Wallenius (1983), plantea que el resultado o la puntuación de una alternativa, es obtenida a partir de una suma ponderada de los valores de los atributos. El decisor debe asignar un conjunto de pesos a los criterios y hacer la normalización de los criterios. Según los autores, al final, se deben sumar los valores normalizados de los criterios de cada alternativa y la mejor respuesta óptima será la puntuación más alta. En este método compensatorio, los atributos deben ser medibles numéricamente.

### *Producto ponderado*

Siendo este método, similar a la suma ponderada, sólo que, en este caso se debe multiplicar; cada alternativa se compara con otras multiplicando un número de ratios, por cada criterio. Esto con el fin de eliminar las alternativas con mayor peso en los valores de atributo pobres. (San Cristóbal, 2012).

Por otra parte, este método es óptimo cuando el decisor desea evitar alternativas con un valor pobre en sus atributos; es una metodología fácil de usar, y los atributos deben ser numéricos y comparables. (Chen & Hwang, 1992).

### **PROMETHEE**

Es un método de clasificación para un conjunto finito de alternativas, originado por Brans (1982). Estas opciones incluyen la decisión sobre una función de preferencia adecuada y la ponderación otorgada a cada variable. En este método, se deben convertir los atributos cualitativos en atributos cuantitativos y no es necesaria la independencia entre éstos.

En PROMETHEE I, se debe clasificar las alternativas parcialmente, pues solo examina los flujos de entrada y salida obtenidos en su aplicación. Este método se basa en analizar cada alternativa, de acuerdo con el peso obtenido por cada criterio. Cuando cada alternativa supera

a todas las demás, se determina en un flujo de clasificación positivo. La alternativa será mejor, en cuanto mayor sea el flujo positivo. El flujo de clasificación negativa indica en qué medida cada alternativa es superada por todas las demás. Cuanto menor sea el flujo negativo, mejor será la alternativa.

Por otra parte, en PROMETHEE II, el flujo neto se determina como los valores finales y se realiza la clasificación completa de las alternativas estudiadas en PROMETHEE I. Esta clasificación se basa en el cálculo del valor del flujo de clasificación, que representa el equilibrio entre los flujos superiores positivos y negativos. La mejor alternativa se determina en función del mayor flujo neto obtenido. (Brans & Mareschal, 1986).

Siendo PROMETHEE III, la extensión de PROMETHEE II, realiza la clasificación en función de los intervalos y tiene abundante aplicación y una amplia noción. Y, por último, en PROMETHEE IV, se tiene como objetivo principal, responder a un problema de elección, ante un conjunto infinito de alternativas, utilizando la misma relación de superación, pero los flujos son definidos en un subconjunto compacto de "R", y adaptando nuevas funciones de preferencias. (Brans & Mareschal, 1986).

### ***QUALIFLEX***

Desarrollado por Paelinck en 1975, en el cual, la clasificación de las alternativas evalúa a la constante "m" permutación, siendo los atributos más adecuados, elegidos para el ranking final. Además, se supone que la matriz de decisión es clara y los pesos  $w_j$  se calculan para los atributos existentes por uno de los algoritmos propuestos. Este método se encuentra en el límite de los métodos compensatorios y no compensatorios; los atributos deben ser independientes y no hay necesidad de convertirlos de cualitativos a cuantitativos.

### ***REGIME***

Desarrollado por Hinloopen, Nijkamp y Rietveld en 1983, es un método cualitativo multiatributo, que resuelve el problema utilizando la matriz REGIME, concluyendo con una clasificación final. El peso final de los atributos es dado por la persona responsable de tomar la decisión, influyendo en los resultados. Es un método compensatorio, en el que sus atributos son independientes entre sí, y en esta ocasión, no hay necesidad de convertir los atributos cualitativos en cuantitativos.



### ***SIR***

Establecido por Xu en 2001, en el cual, la prioridad es establecer la superioridad e inferioridad en los valores, de acuerdo con la preferencia del decisor. La solución óptima es elegida entre las soluciones dadas por la matriz de superioridad e inferioridad. En el método SIR, los atributos deben ser independientes y deben pasar de cualitativos a cuantitativos.

### ***SMART***

Introducido por Winterfeldt y Edwards en 1986, se estudia un número limitado de alternativas en función de un número limitado de atributos. Con este método se pretende tomar una decisión a partir de datos o atributos cualitativos que posteriormente se convierten en datos cuantitativos. La matriz de decisión dependerá de la información obtenida por el o los decisores interesados. Entre sus principales características, se encuentran que es considerado un método compensatorio, sus atributos pueden ser dependientes e independientes, y éstos en un inicio, serán atributos cualitativos que posteriormente deben pasar a atributos cuantitativos.

### ***SWARA***

Introducido por Kersuliene, Zavadskas y Turskis en el 2010. Es desarrollado por el método de ponderación, la importancia y la priorización inicial de las alternativas para cada atributo son dadas por el decisor. Luego se debe determinar el peso relativo de cada atributo. Finalmente, se clasificarían los atributos para luego tomar una decisión. Los atributos son independientes entre sí.

### ***TAXONOMY***

Desarrollado por Michel Adanson en 1763, es apropiado para comparar y calificar actividades con respecto a su grado de utilidad y ventajas de los atributos estudiados. En este método, los procedimientos taxonómicos se utilizan con mayor frecuencia para comparar objetos que se caracterizan por un gran número de indicadores, lo que evidentemente ha ayudado según el análisis bibliográfico, en varios proyectos de toma de decisiones, especialmente, en la logística hospitalaria. Los atributos cualitativos se deben convertir en atributos cuantitativos, y éstos son independientes entre sí.

### ***TODIM***

En este método, introducido por Gomes y Lima en 1992, la información de entrada es determinada por la base de la matriz de decisión. La idea principal es medir el nivel de dominancia de cada alternativa sobre las demás, utilizando el valor global. Posteriormente, las alternativas se evalúan y se clasifican, para obtener un resultado final. Los atributos son independientes entre sí; y éstos deben pasar de ser métodos cualitativos a cuantitativos.

### ***TOPSIS***

En este método, la mejor alternativa debe tener la menor distancia geométrica de una solución ideal positiva y, la alternativa más alejada, de cualquier solución ideal negativa. Las alternativas se califican inicialmente de acuerdo con su nivel de similitud con una solución ideal, pero inexistente, siendo las alternativas más similares a la solución ideal, las que reciban una calificación más alta que las alternativas que tienen un valor de similitud más bajo.

Básicamente, con el método TOPSIS, se debe identificar la distancia de cada alternativa a la solución ideal y elegir la mejor alternativa de acuerdo con esta distancia. (Xu Q, 2015)

### ***VIKOR***

Este método se centra en la selección de una alternativa ideal con un conjunto de atributos contradictorios, y en última instancia, proporcionar una solución de compromiso, llegando a una solución final. Los atributos deben ser independientes, y éstos deben convertirse de atributos cualitativos a cuantitativos.

### ***WASPAS***

Según Zavadskas, et.al (2012), este método es una combinación del modelo de la suma y el modelo ponderados de producto. Por lo tanto, la importancia de cada atributo es determinada, y luego, las alternativas son evaluadas y priorizadas. En este método, los atributos son independientes; y éstos deben pasar de cualitativos a cuantitativos.

## **2.6.2. Principales áreas organizacionales de aplicación de MADM en la actualidad.**

Alinezhad y Khalili (2019), especifican los diferentes usos que se han realizado de algunos de los métodos de decisión multiatributo, de acuerdo con las distintas áreas de trabajo y/o conocimiento. Según esta información, es posible darlos a conocer en la Tabla 1:



## Capítulo II: Toma de decisiones y clasificación de los Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM)

Tabla 1 Aplicación de los MADM según las áreas organizacionales

Métodos	Áreas de aplicación
AHP	Proyectos ambientales y de ingeniería; planeación estratégica y de RRHH; logística; marketing.
ARAS	Clasificación y evaluación de empresas industriales; contratación de personal; sector de la información; logística; Salud.
Asignación lineal	Diferentes áreas del sector industrial.
BWM	Selección de proveedores.
CODAS	Diferentes áreas organizacionales, especialmente, en dónde se desee elegir de acuerdo con el criterio “distancia”.
Conjuntivo/Disyuntivo/ Lexicográfico/Eliminación por aspectos.	Múltiples áreas organizacionales.
COPRAS	Proyectos de I+D e inversión; selección de proveedores;
CRITIC	Calidad; automatización de procesos; salud.
DEMATEL	Sistemas de información; selección de proyectos.
EDAS	Área de RRHH; empresas de servicios.
ELECTRE	Planificación; automatización de procesos.
EVAMIX	Sector agrícola; medio ambiente; política.
EXPROM	Mercadeo, proyectos sostenibles, selección de proveedores.
ISM	Gestión de la cadena de suministro, selección de proveedores.
KEMIRA	Transporte, selección de proveedores; sostenibilidad.
MABAC	Infraestructuras y energías renovables.
MACBETH	Área de producción, selección de proveedores.
MARCOS	Sostenibilidad, selección de proveedores.
Maximin/Maximax	Diferentes áreas de trabajo, especialmente, en dónde se desee elegir según el criterio “coste”.
ORESTE	Marketing; sector de servicios; salud.
PAMSSEM	Sistemas de información.
Producto ponderado	Proyectos académicos, de investigación; Múltiples áreas organizacionales.
PROMETHEE	Proyectos de ingeniería, minería; energía renovable; decisiones financieras; proyectos de investigación y desarrollo.
QUALIFLEX	Logística y selección de proveedores.
REGIME	Sector de la construcción.
SIR	Proyectos ecológicos, en especial la energía renovable; RRHH.
SMART	Proyectos ambientales; sector industrial.
Suma ponderada	Múltiples áreas organizacionales.
SWARA	Sector industrial, selección en RRHH.
TAXONOMY	Elección de contratistas; evaluación de mano de obra. Proyectos de ingeniería y construcción.
TODIM	Sector de la salud; sector industrial.
TOPSIS	Proyectos ecológicos, en especial la energía renovable; selección de proveedores verdes; RRHH.
VIKOR	Logística y selección de proveedores.
WASPAS	Selección de proveedores; automatización de procesos.





## **3. Capítulo III: Logística y cadena de suministro en la selección de proveedores**

### 3.1. Evolución de la logística y la cadena de suministro

El concepto de logística apareció por primera vez como un rango de oficial militar durante el imperio romano, y fue empleado como una verdadera labor militar durante el siglo XVIII. Fue el teórico militar Antoine Henri Jomini en el siglo XIX, el que estableció la logística como un término que se refiere a la administración militar. Finalmente, la logística se introdujo realmente con Alfred Mahan en la marina de los Estados Unidos. Su interpretación amplió el término para incluir el proceso de movilización industrial. (Ballou, 2006).

Fue después de los años 60, en donde se formalizaron las actividades del transporte y las compras. La distribución de la mercancía comienza a surgir como un área de práctica, en donde se debía coordinar el suministro físico del producto al mercado de demanda. La comercialización como actividad principal, estaba creciendo en este momento y académicos incluyeron la distribución como una actividad primaria en materia de comercialización. En este tiempo, se empezó a hablar de costes de transporte y de inventario, al igual de adquirir las mercancías en el lugar correcto, en el momento adecuado. Dichas actividades logísticas se fragmentaron, lo que trajo conflictos entre los responsables logísticos, ya que estas actividades fueron sub-optimizadas. Posteriormente, se define la logística empresarial como la gestión de distribución de los materiales, la organización del canal de suministro, desde la fábrica hasta el cliente final, por medio de la coordinación de las actividades dentro de la función. Los sistemas de información eran limitados debido a faltas de tecnologías, por lo que la logística se centra en compras y producción. (Ballou, 2006).

En la década de los años 80, se origina el concepto de "consolidación", en el cual se busca alcanzar un equilibrio entre el stock, el transporte y la entrega de pedidos, de manera que se ajusten a la capacidad demandada en las economías de escala. Durante este período, se integra la logística en la misión corporativa, y se logra una consolidación de diversas áreas tales como la gestión de materiales, la logística de distribución y el servicio al cliente. Además, se reconoce la importancia de la calidad como un elemento de ventaja competitiva, y las organizaciones orientan su enfoque logístico hacia los procesos, el mercado y la gestión de la información. (McGinnis, 1992).



En 1990, la logística organizacional, se esmera por contribuir con ventajas competitivas sostenibles, se rediseña el sistema logístico acorde a la estrategia competitiva y la misión de la empresa, se trata de mejorar el servicio de transporte, en especial, la reducción del tiempo de entrega; se mejoran los tiempos de aprovisionamiento en la gestión de inventarios y se emplea la fidelización a los clientes. Por otra parte, se imparte la importancia de general valor añadido en la gestión de la cadena de suministro, y la reducción de costes significativos, surge como nueva estrategia. (Servera, 2010).

En los años 2000, surge el concepto de Supply Chain Management (SCM), el cual incluye la planeación de la producción, la gestión del aprovisionamiento, las compras, el transporte y todas las demás actividades de la gestión logística. Crece la tendencia hacia el aumento de la globalización, el libre comercio y la externalización. Por otra parte, se implementa la gestión óptima y diferencial en la gestión de la canal de suministro, centralizando la importancia hacia los clientes, generando valor añadido en los procesos, por medio de la planificación estratégica. (Servera, 2010).

En esta nueva era, se fortalecen las nuevas tecnologías para la información, integrándose diferentes softwares para la gestión de las ventas y las finanzas; surge el concepto de marketing y gestión de servicios, y se incrementa la mejora de la gestión de las relaciones con los proveedores. En general, se estructura la gestión de la cadena de suministro en su totalidad, desde los proveedores iniciales hasta los consumidores finales.

También aumentan las estrategias para generar ingresos, con la gestión de la cadena de suministro, por medio de la publicidad, la inversión en el producto y el marketing. Se rediseñan las labores logísticas para optimizar el nivel de servicio al cliente, siendo esta, la principal base, ya que el servicio al cliente es parte fundamental para la estabilidad financiera.

Con el contexto de la logística y la cadena de suministro visto hasta ahora, es posible sintetizar la información, tal y como lo ha hecho Rodrigue (2020), en la Ilustración 1:

# ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LA APLICACIÓN DE MCDM EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES

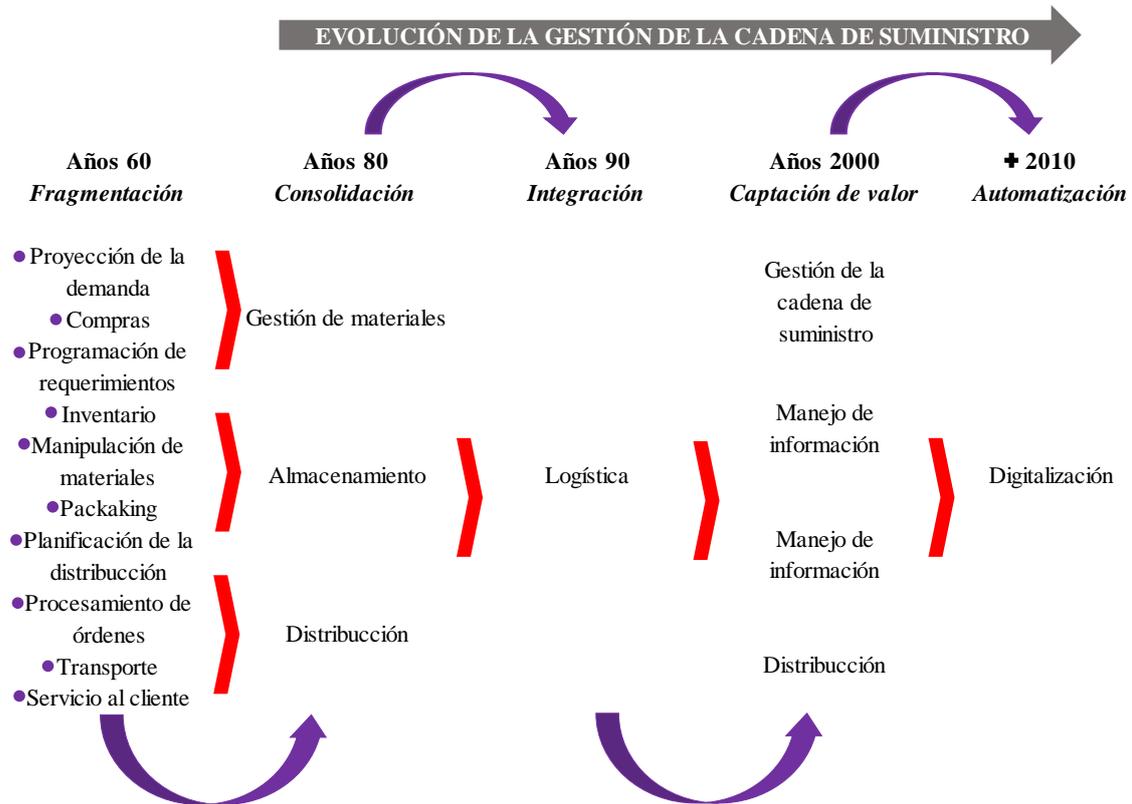


Ilustración 1 Evolución de la cadena de suministro. Rodrigue (2020)

En los últimos años, los conceptos de logística y gestión de la cadena de suministro han ido evolucionando, de acuerdo con la demanda del ser humano en los diferentes contextos históricos, y también seguirán actualizándose como lo han hecho hasta ahora, a medida que las empresas desarrollen la automatización, se fortalezcan los sistemas de información, busquen la externalización, amplíen sus negocios internacionales y se actualicen en el mercado económico actual.

Respecto a los procesos de externalización, las empresas lo han puesto en práctica no solamente con las actividades tradicionales de transporte y almacenamiento, sino también las labores de gestión, en cuanto al flujo de mercancías, así como ciertas tareas de producción, como las operaciones de montaje, mantenimiento, diseño y con diferentes proveedores de servicios logísticos. Aunque la mayoría de las organizaciones aún realizan gran parte de su logística interna, el mercado 3PL (Third Party Logistics), también conocida como la logística tercerizada, representa un crecimiento rápido en el mercado, lo que significa que esta tendencia de externalización tiende a incrementar. (Gripsrud, Jahre, & Persson, 2006).



Otro tema importante por considerar, respecto a la evolución actual de la cadena de suministro, son los aspectos ambientales y cómo éstos han cobrado más relevancia en los últimos años. El cambio climático y el aumento de los precios de la energía, no ha sido temas ajenos para cumplir con todos los procesos en dicha gestión. El término "sostenibilidad" se ha tenido que implementar en las organizaciones debido a los cambios climáticos actuales, siendo posible ver una comprensión y una aplicación cada vez más uniforme de los términos sostenibilidad, responsabilidad social y economía circular, como una adaptación estratégica. (Carter & Easton, 2011).

En cuando a digitalización de los procesos de la gestión de la cadena de suministro y la logística 4.0, la evolución de IoT, la IA y el big data, cada vez más, reducen en gran medida, el trabajo que requiere de la intervención humana en los procesos. La implementación de nuevas tecnologías con programación, que se basa en la logística entrante predictiva, como los AGV y los robots de almacén, están reemplazando el proceso en el cual el humano opera y toma decisiones. Por otra parte, el aumento del e-commerce y la creación de distintas plataformas de internet, en donde los actores, clientes y proveedores, interactúan en tiempo real/online para gestionar todos los pedidos y las ventas; y a su vez, todas las actividades en logística son transmitidas a través de distintos sistemas inteligentes de información. (Wang, 2016).

### 3.2. Logística y cadena de suministro: Conceptualización

El Consejo de Profesionales de Gestión de la Cadena de Suministro (CSCMP, 2013), define la gestión de la cadena de suministro como el proceso que abarca la organización de todas las actividades relacionadas con la obtención, el aprovisionamiento, el control del transporte, la planificación, la supervisión y el manejo de stock, servicios e información, servicio postventa, entre otros, con el fin de satisfacer las necesidades del cliente final. Esto incluye la coordinación y la administración con los grupos influyentes dentro de la organización, como proveedores, clientes, intermediarios y todos aquellos que participan en la oferta y la demanda de la empresa.

La gestión de la cadena de suministro, integra todos los procesos del negocio, interna y externamente; siendo dichos procesos, las operaciones de producción, ventas, diseño del producto, marketing, finanzas y tecnología de la información.

La logística, siendo parte de la gestión de la cadena de suministro, se ha enfocado en dos direcciones: el cliente, y todo lo que conlleva el cumplimiento de la demanda; y el de proveedores, junto con las compras y los suministros. (CSCMP, 2013)

A medida que las expectativas de los clientes se han vuelto más exigentes; los estándares de calidad se han incrementado y que la demanda ha aumentado en paralelo con este desarrollo, la gestión de la logística debe adaptarse a estos cambios, y obtener la información necesaria en tanto en términos del cliente, es decir, el flujo de información; para que el rendimiento en el flujo de la cadena de suministro sea eficaz.

Sin embargo, es importante resaltar que según el CSCMP (2013), la logística debe desarrollarse en conjunto con otros procesos, y así cumplir con la gestión en la cadena de suministro, ya que de por sí sola, no es posible garantizar la estabilidad de la organización. Dichos procesos, son los siguientes:

- **Planificación:** Es el proceso de identificación continua y sistémica, que gestiona la priorización y el cumplimiento de todas las partes que se requieran añadir valor en la cadena de suministro, de un producto o servicio. También se relaciona en la toma de decisiones en caso de cambios situacionales o proyectos nuevos.
- **Contratación:** es el proceso de selección de personal. que incluye prácticas y actividades realizadas por una organización con el fin de identificar y tomar una decisión en la elección de los candidatos calificados. (Sołek-Borowska & Wilczewska, 2018)
- **Abastecimiento:** comprende el proceso de compras de materias primas necesarias para la organización. Muchas empresas suelen optar el proceso de compras, sean grandes o pequeñas, de manera estandarizada, aunque lo común es que estos procesos estandarizados sean empleados en compras grandes. El proceso de aprovisionamiento suele ser de las áreas más vigiladas y/o auditadas de cualquier organización, pues cada compra debe estar justificada y controlada;



siendo esencial que las organizaciones elaboren procedimientos estandarizados para llevar a cabo el abastecimiento. (Parikh & Joshi, 2005)

- **Producción:** consiste en la fabricación y transformación de la materia prima, para obtener el producto final. Este proceso debe desarrollarse en conjunto con todas las funciones de decisión, relativas a la planificación, la gestión del flujo de materiales y de los recursos disponibles.
- **Transporte:** es la distribución de bienes básicamente, de un lugar a otro. Comúnmente se tiene un proceso de transporte entre dos procesos estacionarios: organización y cliente.
- **Servicio al cliente:** es el cumplimiento de la satisfacción del cliente, en donde se vinculan el área de marketing y el área de distribución del servicio para trabajar conjuntamente, interactuando con el cliente. El aseguramiento y la manutención de la fidelidad del cliente también hacen parte de los objetivos del servicio al cliente.

### 3.3. Importancia de la cadena de suministro

Es posible afirmar que gran parte de la estabilidad de las organizaciones, está relacionada con una óptima gestión de la cadena de suministro. Como se ha podido apreciar en los puntos anteriores de este trabajo de fin de máster, la gestión y el control de la cadena de suministro implica todas aquellas actividades de planificación, coordinación, operación, control y optimización de procesos internos y externos, con el fin de cumplir con el producto correcto requerido por los clientes, en el tiempo correcto, con la cantidad correcta, la calidad y el estado correcto, en la ubicación correcta; y a la vez, minimizar todos los costos que implican cumplir dichos procesos.

En el área de proveedores, también es importante que, para cumplir con toda la gestión, se requiere controlar el flujo logístico de la información de la empresa, y seleccionar a los proveedores, distribuidores y minoristas más acordes con los lineamientos de la organización, para lograr obtener valores añadidos en los materiales adquiridos en la cadena de suministro.

Siendo así, es relevante considerar algunos aspectos de la importancia de la gestión de la cadena de suministro:

- Una buena gestión de la cadena de suministro facilita el intercambio de información, permitiendo a las organizaciones mantener un alto grado de sensibilidad al mercado, y a los procesos internos de la empresa. La comunicación entre los distintos departamentos y áreas de trabajo es fundamental para que el flujo de información se desplace correctamente, disminuyéndolos cuellos de botella. En el entorno externo, fortalecer la gestión de la cadena de suministro es lograr una atención completa a la información, para tomar decisiones corporativas, mantener actualizada la demanda del mercado, innovar, mejorar la eficiencia y la eficacia en la variedad de los productos, reaccionar rápidamente a factores externos, responder eficazmente a la incertidumbre del mercado, entre otros.
- Por otra parte, permite reducir los costes operativos. Esta gestión se puede ejemplificar en la búsqueda estratégica de proveedores y una correcta toma de decisiones en la adquisición de un producto; junto con la ejecución de la planificación, compras estratégicas, reducciones de inventario, almacenamientos rotativos, gestión de la producción y otros procesos de reingeniería. Además del correcto cumplimiento de la entrega a los clientes.
- La aplicación de la gestión y el control de la cadena de suministro también es relevante para ayudar a cumplir con la responsabilidad social de las empresas. Incorporando nuevas tecnologías, promoviendo la sostenibilidad y el cuidado ambiental. Desde la perspectiva de los recursos humanos, dicha gestión se puede ver reflejada en el desarrollo y crecimiento organizacional, siendo posible contratar a más personal cualificado.

En resumen, la gestión y el control de la cadena de suministro, genera varios valores añadidos a la organización, permitiendo que las empresas puedan comprender la demanda del cliente, de los proveedores y otros actores en el entorno para mantenerse en el mercado. La óptima coordinación de todas las operaciones de la cadena de suministro, mejoran la competitividad general de la cadena de suministro, aumenta la sensibilidad a factores externos; satisface eficazmente las necesidades de los clientes y contribuye en el desarrollo sostenible a



largo plazo de las empresas. Por lo tanto, para cada área de la empresa, es de suma importancia la optimización de los procesos y la gestión de la cadena de suministro.

### 3.4. Proveedores

#### 3.4.1. Definición y tipos de proveedores

Definiendo este concepto; es posible afirmar que un proveedor, es una persona o una organización, que presta o suministra un determinado bien o servicio, a otras personas o compañías, como forma de actividad económica. El prestador del servicio es responsable de poner a disposición los diferentes recursos o terceros, para dar con el cumplimiento de este. Estos recursos pueden ser bienes ya transformados y destinados a la venta, como también materias primas o elementos no tan transformados, destinados a modificaciones posteriores. En una organización, el departamento de compras suele encargarse de seleccionar y contactar con los distintos proveedores, de acuerdo con las aprobaciones de sus superiores y a los lineamientos de la empresa. (CIPS, 2021).

#### *Tipos de proveedores:*

Blenker et. al. (2001), proponen que según la relación que pueda tener el proveedor con la empresa, al igual que tamaño organizacional que éste mantenga, la siguiente clasificación:

#### *Proveedor estándar*

Es el típico proveedor que presta sus servicios, ofreciendo su catálogo de productos o componentes estándares, manteniendo una misma línea estándar de materia prima, o de servicios, de acuerdo con las diferentes líneas de necesidad del cliente.

El proveedor estándar se caracteriza por tener una relación con el cliente, por medio de transacciones simples; es decir, los clientes ordenan algo del catálogo de la empresa prestadora, requiriendo ciertas especificaciones. El proveedor cumple con dichas especificaciones, si éste las mantiene en su catálogo, y rara vez se reúne con sus clientes, para coordinar las operaciones, ya que éste nunca se involucra en las actividades de desarrollo de los clientes. El proveedor no participa en las proyecciones o cambios de los clientes, pues las entregas se cumplen según el pedido establecido.

Blenker et. al. (2001), sugieren que este tipo de proveedor puede mejorar su tipo de prestaciones a las empresas, por medio del desarrollo de nuevas competencias para manejar nuevos problemas y cumplir con más procesos. De esta manera, las organizaciones pueden ser mejor suministradas. Por otra parte, los autores también afirman que este tipo de proveedores mantienen su portafolio estandarizado, pues así, mantienen su nivel alto de servicio en lo que suplen u ofrecen. En este caso, los clientes pueden buscar otras oportunidades con un cambio de tipo de proveedor u otro tipo de contratista, que pueda adaptarse flexiblemente a sus necesidades.

### ***Proveedor tradicional***

Este tipo de proveedor procesa y desarrolla los productos y servicios de acuerdo a las especificaciones del cliente. El valor diferencial, es que el contacto con el cliente es formal y está a cargo directamente por la alta gerencia. Dicha relación suele ser hacia el departamento de compras o de producción del cliente, y está centrada en el precio, el cual, los clientes a menudo no muy están abiertos a las negociaciones.

En muchas ocasiones, el proveedor tradicional tiene una relación antigua y extendida con el cliente, y sus productos son entregados directamente al stock sin pasar por una previa entrada o control.

Blenker et. al. (2001), sugieren que, este tipo de proveedor puede mejorar en sus competencias de producción y de proceso, al igual que desarrollar nuevas estrategias para manejar nuevos problemas, aumentando la relación y la colaboración. Las oportunidades para este proveedor se pueden alcanzar en una mejor gobernanza, delegando actividades al resto del personal, y no centrándose solamente en la alta gerencia, aunque las relaciones directas proveedor-cliente sean esenciales.

### ***Proveedor asociado***

Este tipo de proveedor se caracteriza por mantener las relaciones con los clientes de manera cercana y formal, con varios departamentos en las organizaciones, y no sólo con el departamento de compras. El proveedor puede manejar sus relaciones con las empresas, por medio de plataformas tecnológicas, propias de los clientes, en donde se realizan los pedidos de manera inmediata y online, manteniendo un trabajo en equipo. También suele desarrollar un



portafolio amplio y flexible de productos, para satisfacer la demanda de los clientes, logrando conservar una cooperación estratégica entre ambos lados. Lo anterior, requiere que exista una óptima coordinación y flujo de información para el cumplimiento de las exigencias, y también requiere de tiempo y recursos, por lo que este tipo de proveedor suele ser corporativamente mediano o grande. En conclusión, en este tipo de relación proveedor-cliente, las competencias colaborativas son puntos importantes para alcanzar una mejor posición en el mercado, trayendo mejores oportunidades para ambos actores.

En la Ilustración 2, se podrán visualizar los tipos de proveedores, según la relación y servicios que acuerden con las organizaciones:

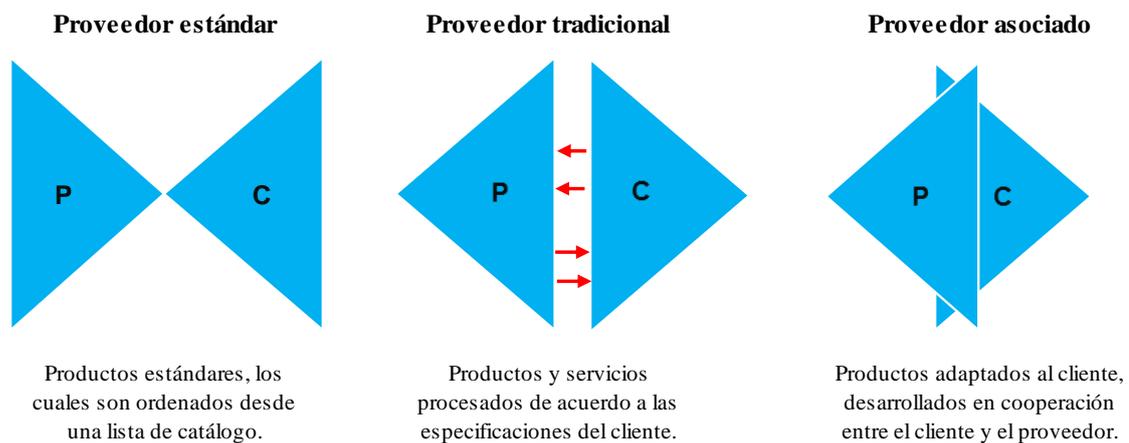


Ilustración 2 Tipos de proveedores, en relación con los clientes. (Philipsen, Damgaard, & Johnsen, 2008)

En los diferentes tipos de proveedores, no hay alguno superior a los demás, en términos de aprovechamiento de oportunidades y relaciones con los clientes, pues cada uno tiene diferentes maneras de desarrollar sus capacidades y satisfacer los requerimientos del cliente, pero si es relevante la aplicación del desarrollo tecnológico, para el sostenimiento en el mercado y el cumplimiento óptimo a las organizaciones.

### 3.4.2. Desarrollo de proveedores

CIPS (2021) lo define como el proceso de realizar alianzas y trabajar con ciertos proveedores uno a uno, para mejorar el desempeño en beneficio de la organización o cliente. Es decir, es la gestión entre las relaciones con los proveedores asociados y las empresas.

## ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LA APLICACIÓN DE MCDM EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES

---

Usualmente, el personal de gestión de compras y adquisiciones, son los que identifican las razones sólidas, para gestionar el proceso de desarrollo de proveedores. Dichas razones o aspectos son:

- Alineamientos comerciales entre proveedor y cliente.
- Reducción de los costes de adquisición y aumento de beneficios.
- Mejoramiento del desempeño del proveedor.
- Resolución rápida de problemas de calidad.
- Desarrollo de nuevas rutas de suministro.
- Adquisición de un producto que no esté disponible en catálogos de otros proveedores.
- Aumento de competitividad en el mercado.
- Mejoramiento del desempeño ambiental.

El desarrollo de proveedores se considera como una actividad bidireccional en la que se tienen en cuenta intereses del proveedor y del cliente, y dichas actividades, se deben poder evaluar en términos de beneficios cuantificables.

El desarrollo de proveedores conduce a mejoras en el valor agregado del proveedor hacia los clientes. También implica adoptar el trabajo del proveedor y alinearla con las necesidades comerciales de la organización cliente, y, cuando corresponda, viceversa. El desarrollo de proveedores también conduce mejoras para el proveedor, como ayudar a evaluar su estrategia corporativa. Por otro lado, puede haber circunstancias en las que sea más apropiado que la organización compradora alinee sus requerimientos con el proveedor. Este proceso, también puede fomentar la competencia entre proveedores.

Dentro de los requisitos para desarrollar un proveedor, CIPS considera, que el personal de compras y suministros, deben analizar exhaustivamente y evaluar los lineamientos del proveedor, junto con las necesidades de su propia organización. En algunas ocasiones, son ellos los encargados de tomar las decisiones sobre el desarrollo de los proveedores, y en otras ocasiones, sus superiores. Por otra parte, también se requieren habilidades técnicas de compras, gestión de contratos y de proyectos; al igual que buenas habilidades interpersonales, ya que es una forma óptima de enlazar la relación entre la organización y el proveedor. También, dicho



de proveedores

---

profesional, debe tener la capacidad de decidir cuándo es el momento poner fin a un desarrollo de proveedor.

En muchos casos, el proveedor previamente puede tener acuerdos con otros clientes, y beneficiarlos de manera sobresaliente, de los cuales, algunos pueden ser la competencia para la organización interesada. Esto en sí, puede incentivar que el cliente quiera incluir al proveedor cuanto antes, en un desarrollo de proveedores, y así poder mejorar las relaciones y alianzas comerciales.

La selección de proveedores para el desarrollo debe depender de la calificación que se le otorguen a los suministros y servicios, así como el desempeño, en comparación con otros proveedores. No necesariamente son los proveedores más grandes los elegibles. Cada proveedor debe ser evaluado en base a diferentes enfoques. Esta evaluación puede incluir los criterios que se darán a conocer en el siguiente apartado.

### 3.4.3. Criterios de selección de proveedores

Según Arenal (2022), la evaluación de proveedores es el proceso de valorar y aprobar/seleccionar a los posibles proveedores mediante diferentes herramientas de calificación cualitativas o cuantitativas.

En dicho proceso, es importante tener cuenta aspectos técnicos, logísticos y económicos relevantes, para elegir la mejor alternativa de acuerdo con las necesidades de la organización. Los diferentes criterios por considerar son los siguientes:

#### *Calidad*

La calidad abarca todo un conjunto de estrategias para asegurar el cumplimiento en el producto en cuanto los procesos de producción, evitando la recepción de materiales con defectos de fabricación por parte del cliente, y a su vez sobrecostos de producción y desperdicios por parte del proveedor. En este caso, es el departamento de calidad o el área encargada, de la empresa compradora, quien mayormente tiene la percepción si el producto final, cumple con los estándares de calidad establecidos.

### ***Fiabilidad***

Este criterio está muy relacionado con el cumplimiento de entrega por parte del proveedor. Puede ser evaluado mediante indicadores, como los KPIs, que evalúa el nivel de desempeño del proveedor, y medir sus resultados. Un ejemplo de un indicador es la medición de los pedidos de los proveedores que se retrasen, sobre el volumen promedio de compras. El área administrativa de la organización compradora, también se evalúa la fiabilidad de información, verificando los precios facturados, los albaranes y facturas, descuentos aplicados, plazos de pago, entre otros.

### ***Plazos de entrega***

Es la capacidad del tiempo que tiene el proveedor para suministrar los materiales, herramientas, equipos, servicios u otras necesidades requeridas por el cliente. Estos insumos, inicialmente, deben ser entregados en los plazos establecidos por la empresa solicitante y bajo las condiciones de cantidad y calidad pactadas. Los plazos de entrega deben quedar formalmente establecidos por ambas partes, estableciendo que el no cumplimiento, puede ocasionar diferentes compensaciones con cargo al proveedor, como descuentos, multas, entre otros.

### ***Precio***

Este criterio es considerado clave en la negociación, e inclusive el más importante para aquellas empresas que priorizan o eligen al proveedor de acuerdo las condiciones del precio. En algunas ocasiones, el departamento de compras suele hacer la negociación y jugar con los precios establecidos por el proveedor; y en otras, son sus superiores los que llevan la experiencia modificando las márgenes y establecer el acuerdo de los precios con los proveedores. Los proveedores casi siempre tendrán diferentes precios para cada uno de sus clientes; esto dependerá de las cantidades compradas, la frecuencia de compras, las alianzas comerciales, las negociaciones por ambas partes, entre otros.

En cuanto a las condiciones de pago, es libertad del proveedor estipular dichas condiciones, como los medios de pago, plazo de pago, descuentos, etc.; pero también es libertad del cliente, aceptar o no.



Tahriri y Osman (2008), sugieren otros criterios de evaluación y selección de proveedores:

### ***Sostenibilidad***

Cada vez crece más el interés de las organizaciones y las políticas gubernamentales, por el compromiso de aplicar estrategias de producción y venta amigables con el medio ambiente. El interés por parte de los clientes sobre los temas verdes se ha convertido en un criterio más a considerar en la gestión de la cadena de suministro. La evaluación y la selección de proveedores, basados en indicadores sostenibles (económicos, ambientales y sociales), es actualmente una herramienta estratégica que maximiza las ventajas competitivas y permite realizar un análisis de todo el proceso de la cadena de suministro, desde la perspectiva ambiental.

### ***Capacidad técnica***

Este criterio puede medirse en base a la capacidad de fabricación y de provisión de sus servicios. Los aspectos por considerar en este criterio son la disponibilidad del proveedor, la cantidad del personal, el sistema de manufactura, certificaciones de calidad y la logística del transporte. Este criterio es relevante, puesto que de su capacidad técnica depende el suministro de los productos o servicios, en la cantidad, tiempo y requisitos establecidos.

### ***Nivel de servicio***

Este criterio hace referencia a aspectos como los siguientes: El cumplimiento con la cantidad y la calidad pactada, nivel de satisfacción en la recepción de la mercancía, la entrega a tiempo de los suministros o servicios, la facilidad en la gestión de las devoluciones, la facilidad para el procesamiento de los pedidos, el servicio post venta, las garantías brindadas y otros puntos relevantes que califican en general, el nivel del servicio del proveedor.

Sin embargo, es importante mencionar que existen otros criterios en la evaluación de los proveedores en la literatura, tales como los de la Tabla 2 a continuación:

Criterios de evaluación de proveedores (literatura)				
Chen (2011)	Tahiri (2008)	Kanna y Tan (2002)	Min (2003)	Liu (2000)
Calidad	Confianza	Calidad	Calidad	Calidad
Plazo de entrega	Plazo entrega	Nivel servicio	Plazo de entrega	Plazo de entrega
Rendimiento	Situación financiera	Plazo entrega	Costes	Rendimiento
Garantías	Costes	Responsabilidad	Garantías	Historial
Equipos	Capacidad técnica	Cantidad	Terminos de pago	Equipos
Situación financiera	Responsabilidad	Costes	Términos de carga	Garantías
Legalidad	Sostenibilidad	Comunicación	Conflictos laborales	
Comunicación	Historial	Flujo información	Negociación	

Tabla 2 Criterios de evaluación de proveedores. (Lin, Khalili, & Munawwar, 2017)

### 3.4.4. Evaluación de proveedores

El gerente de compras o los profesionales de este departamento deben desarrollar y utilizar un proceso eficaz para encontrar a los proveedores calificados para suplir a la organización. Este proceso puede ser un trabajo intensivo que puede requerir una importante asignación de recursos.

La evaluación de proveedores es una de las labores más importantes que realiza dicho departamento. Según Pearson & Ellram (1995), el proceso de evaluar el desempeño de los proveedores se basa generalmente en la experiencia de la organización en hacer acuerdos comerciales con cierto proveedor. El objetivo de evaluar a un proveedor es mejorar el valor añadido para la organización compradora, y minimizar el riesgo de suministro. Además, este proceso puede considerarse como una herramienta para encontrar las áreas que necesitan ser mejoradas. Pearson sugiere que la evaluación del proveedor debe llevarse a cabo no solo para seleccionar nuevos proveedores, sino también para incentivar acciones correctivas para los proveedores existentes.

Según Handfield, (2002), es posible evaluar previamente a los proveedores teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Se debe iniciar por el reconocimiento de la necesidad de elegir a los proveedores: El proceso nace en función de la anticipación de necesitar un producto o un servicio con posible compra futura. Aquí, el personal que requiera dicho material o servicio deberá realizar algunas especificaciones preliminares



sobre el tipo de servicios, procesos o materiales requeridos. Estas especificaciones deben ser el inicio para ejecutar el proceso de búsqueda de un proveedor potencial de suministro.

- Identificar cuáles son las necesidades claves de abastecimiento y comprender la importancia de los requisitos necesarios es esencial para la organización compradora, estos requisitos específicos pueden variar mucho, entre los diferentes productos.
- Determinación de la estrategia de abastecimiento: Determinar qué tipo de acuerdos comerciales son más viables para la organización compradora, tales como los plazos de entrega, los contratos de compras, el tipo de transporte, decidir entre proveedores nacionales o extranjeros, cumplimientos de garantías, etc.
- Obtener la información necesaria de diferentes fuentes, para identificar posibles fuentes de abastecimiento.
- Filtrar y reducir el número de proveedores en el grupo de selección, y hacer de la lista más pequeña, para una posterior evaluación más detallada por parte del departamento de compras.
- Determinar el método de evaluación y decisión del proveedor. Con la realización previa de los procesos anteriores, se podrá aplicar el método elegido por el cliente. La evaluación y selección se pueden realizar utilizando muchos métodos. En este trabajo, se profundizó sobre los métodos de decisión multicriterio.
- Seleccionar al proveedor y formalizar los acuerdos.

Narasimhan (2001), sugiere que el proceso de evaluación debe realizarse mediante un trabajo en equipo, en el que se pueden decidir los atributos importantes, puesto que llegar a un acuerdo sobre los primeros atributos de rendimiento, es una labor difícil y exhaustiva. Las capacidades de los proveedores y todos los criterios de estas alternativas, deben tenerse en cuenta al realizar la evaluación del proveedor.

### **3.4.5. Categorización de proveedores**

Según Arenal, (2022), una vez establecidos los criterios de evaluación, se debe aplicar la categorización de proveedores, por los métodos de preferencia, que permiten evaluar detalladamente a éstos.

La utilización de los métodos de decisión multicriterio y los sistemas de ponderación son los más utilizados en la actualidad, para establecer una prioridad en los criterios y poder tomar una decisión.

El proceso de evaluación de proveedores debe ser constante y periódico, con el fin de tener una información clara a cerca del grado de cumplimiento y satisfacción de las diferentes alternativas. Con estas evaluaciones, se determina si ciertos proveedores continúan en el mismo orden de prioridad, o, por el contrario, si estas alternativas siguen siendo las mismas.

El flujo de información, tanto de entrada como de salida, debe ser detallada para el desarrollo de este proceso, pues es de importante para la obtención de resultados más precisos, la resolución de problemas en la toma de decisiones, llevar el control del desempeño de los proveedores, investigar fallas en los resultados, entre otros.

Arenal afirma que existen varios métodos para evaluar a los proveedores, y que dentro de los más comunes se encuentran: El método categórico, el método de la relación de costos, el método del análisis dimensional, el modelo Carter 10<sup>3</sup>Cs, y el método de apoyo a la decisión multicriterio, el cual se ha profundizado en esta investigación.



## **4. Capítulo IV: Análisis bibliométrico de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores**

#### **4.1. Análisis bibliográfico: Definición y clasificación.**

Un análisis bibliográfico es una revisión detallada en donde evidencia diferentes resultados de investigaciones, publicaciones, libros y artículos por medio de revisiones sistemáticas de la literatura científica. Según Fish y Block (2018), en este análisis, se deben priorizar ciertos datos bibliográficos, como los nombres de los autores, los títulos de las publicaciones, las palabras clave de búsqueda, los abstract, los años de publicación, país y/o universidad de origen, entre otros.

Las revisiones bibliográficas son esenciales para identificar lo que se ha escrito sobre un tema de interés, determina hasta qué punto un área de investigación específica revela tendencias, descubrimientos, mejoras o patrones interpretables; añade hallazgos empíricos relacionados con una pregunta de interés de investigación para respaldar la práctica basada en las escrituras, genera nuevos marcos teóricos e identifica temas o preguntas que requieren más investigación. (Fish & Block, 2018).

A continuación, la clasificación de la revisión bibliográfica.

#### **4.2. Clasificación de la revisión bibliográfica**

Guirao (2015), clasifica los tipos de revisión, de la siguiente manera:

- Revisión descriptiva

Guirao la define como un tipo de revisión tradicional, en donde el objetivo principal es determinar hasta qué punto una palabra clave que se incluya en el tema de investigación en particular, revela algún resultado o tendencia interpretable con respecto a otras teorías o tipos de análisis. A diferencia de la revisión narrativa, la descriptiva sigue un procedimiento sistemático, que incluye la búsqueda, el filtro y la clasificación de las publicaciones a investigar. En este tipo de revisión, también se tienen en cuenta ciertas características de interés, como el año de publicación, los métodos de investigación, las técnicas de recopilación de datos y la dirección o fuerza de los resultados de la investigación. (Guirao, 2015).



- Revisión integradora o crítica

Este tipo de revisión tiene el potencial de sintetizar los resultados de la investigación con un enfoque sistemático y riguroso. Según Guirao (2015), este tipo de revisión tiene como objetivo proporcionar una evaluación profunda de la literatura existente sobre un tema de investigación, para revelar fortalezas, debilidades, intereses, inconsistencias y/u otros aspectos importantes con respecto a los resultados obtenidos. Según Grant & Bootht (2009), en una revisión crítica, se debe evidenciar que el escritor ha investigado la literatura y evaluado su investigación. Este tipo de revisión tiene una manera reflexiva de investigar mediante el uso de instrumentos de evaluación o métodos interpretativos críticos. De esta manera, las revisiones críticas intentan informar constructivamente a otros académicos sobre las debilidades de la investigación previa y fortalecer el desarrollo del conocimiento al enfocar y orientar los estudios para su mejora. El componente crítico de este tipo de revisión es clave para su éxito.

- Revisión narrativa

El objetivo de este tipo de revisión es realizar un análisis exhaustivo, y crítico de un tema actual de investigación, especialmente artículos científicos, libros y otras publicaciones de investigadores. Para Guirao (2015), este tipo de análisis puede ser muy abierto y extenso. Se revisa las literaturas publicadas, ayudando a identificar patrones y tendencias, lo que implica que los materiales de dichas literaturas poseen cierto grado de permanencia y, posiblemente, ha sido objeto de un proceso de revisión por pares. La revisión narrativa, es esencial para un proceso de búsqueda en donde se desee establecer el marco teórico y la pregunta principal para cierta investigación.

- Revisión panorámica

Por otra parte, para Guirao (2015), el análisis bibliográfico panorámico, es aplicado en la mayoría de los casos, en el área de la salud. También conocida como un análisis exploratorio, identifica conceptos clave para sustentar un tema a investigar, pero a su vez, tiene como objetivo identificar temas en el cual no se ha profundizado mucho en su investigación, o existen lagunas de información, en su caso.

- Revisión paraguas

Según Guirao (2015), en este tipo de revisión, se aplican múltiples revisiones, o “meta revisiones” en el cual, se revisan las publicaciones, para luego resumirlas, señalar las diferencias y similitudes entre la bibliografía y evidenciar los mayores hallazgos encontrados posibles.

- Revisión realista

Esta revisión es basada en la interpretación y el discernimiento para poder comprender los resultados de un tema de investigación, por medio de las revisiones sistemáticas convencionales. Guirao argumenta que tal lógica es apropiada para campos como la medicina y la educación, donde los resultados de los ensayos controlados y aleatorios se pueden emplear para ver si un nuevo tratamiento es factible o no; pero también afirma que este tipo de revisión no es posible realizarse en campos como la política social, los sistemas de información y la gestión humana, donde es poco probable que cualquier intervención tenga un resultado regular o consistente.

- Revisión sistemática

Es el tipo de revisión más conocida, que busca evaluar un tema de investigación, a partir de la identificación, evaluación e interpretación de todos los resultados de búsqueda obtenidos, que son relevantes para responder la pregunta inicial planteada de dicha investigación. Se considera una revisión transparente en la presentación de resultados, y se realiza con el fin de que otros encuentren resultados similares y que sigan investigando sobre los mismos temas. Guirao (2015), afirma que las revisiones sistemáticas también intentan analizar toda la evidencia empírica que cumple con un conjunto de criterios de elegibilidad para responder una pregunta de investigación. Se debe emplear una metodología de búsqueda exacta y rigurosa, con todos los elementos posibles, encaminada a reducir los errores aleatorios y sistemáticos que pueden desviar el tema central de investigación. (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003).

La metodología empleada en este trabajo de fin de máster fue la revisión sistemática, pues este método asegura una revisión que otros interesados la puedan volver a hacer en un futuro; es realizada de manera secuencial y ordenada, aportando valor científico. (Tranfield, Denyer, & Smart, 2003).



Para la revisión sistemática, existe una metodología para verificar si dicha revisión se ha realizado de manera correcta o no, conocida como la Declaración PRISMA 2020, la cual, se profundizará más adelante en el apartado 4.4 “Metodología”.

### 4.3. Bases de datos para la búsqueda bibliográfica

Según Okubo (1997), las fuentes bibliométricas siempre son una base de datos. Para evidenciar resultados de investigaciones científicas y tecnológicas, se utilizan diversas bases, establecidas por entidades públicas o privadas. Después de una búsqueda bibliográfica exhaustiva, se pueden establecer los indicadores bibliométricos. La mayoría de las bases de datos son especializadas; solo unas pocas son de alcance general.

Entre las bases de datos para búsquedas académicas, más utilizadas según Strozzi et al. (2017), son Web of Science (WoS) y Scopus.

Por una parte, siendo Scopus, la base de datos de búsqueda bibliográfica y literatura científica más utilizada en la actualidad, incluye de más de 25.000 títulos activos y 7.000 editores, los cuales son analizados y seleccionados rigurosamente por un comité de revisión independiente. Los usuarios tienen acceso a miles de títulos y aproximadamente a 1.700 millones de referencias citadas. (Elsevier B.V., 2022).

Y, por otra parte, Web of Science (WoS), es otra de las bases de datos más usadas para la búsqueda de referencias bibliográficas, principalmente de artículos de revista. WoS incluye diferentes bases de datos documentales, como Science Citation Index Expanded, ISI Proceedings, MEDLINE, Scielo Citation Index, entre otras. (FECYT, (s.f.)).

Scopus y WoS son bases de datos muy similares; aunque, la cobertura de Scopus es casi un 60% más grande que la de WoS. Sin embargo, una de las desventajas que ésta tiene, es que los datos no son tan limpios como los de WoS, pues las publicaciones suelen tener múltiples categorías, y esto implica que algunos documentos no se identifiquen de forma única y puede conducir a un análisis incorrecto. (Strozzi et al., 2017).

Existen algunas otras bases de datos y motores de búsquedas bibliográficas, tales como Dialnet, Redalyc, SciELO, Science Research Gate, Google Académico, RefSeek, Bielefeld Academic Search Engine (BASE), ERID, el RED, Ciencia Science, ERIHPlus, Latindex, Scribd, entre otras.

#### **4.4. Metodología**

Como ya se ha mencionado anteriormente, la metodología de la revisión bibliográfica empleada a lo largo de esta investigación ha sido la revisión sistemática, con lo cual, después de definir el tema de interés a investigar, se debe definir y dar a conocer, cuáles fueron los pasos tomados para la búsqueda literaria, cómo fue abordada la selección de las bibliografías, qué análisis se pudieron realizar y cuáles han sido los resultados obtenidos. Por lo anterior, se ha utilizado el formato CIMO, propuesto por Denyer & Tranfield (2009), para el proceso de identificación y definición del tema; y la Declaración PRISMA (J. Page, y otros, 2021) para documentar dicha revisión.

##### **4.4.1. Definición del tema**

La pregunta de investigación debe ser formulada de manera específica, utilizando el formato CIMO (Context, Intervention, Mechanism, Outcomes). (Denyer & Tranfield, 2009),

Según Tranfield & Denyer, “Context” define a los resultados que los actores humanos pretenden lograr y el entorno, “Intervention” define a las acciones o medidas intencionadas (productos, procesos, servicios o actividades) formuladas por el diseñador para resolver un problema o necesidad de diseño y para influir en los resultados; “Mechanism” define el mecanismo que se lleva a cabo por la intervención, en cierto contexto, indicando por qué dicha intervención produce un cierto resultado; y “Outcomes” define el resultado de las intervenciones en sus diversos aspectos. Es decir, en el contexto (C), usar la intervención (I) para invocar los mecanismos generativos (M) que producen el resultado (O).

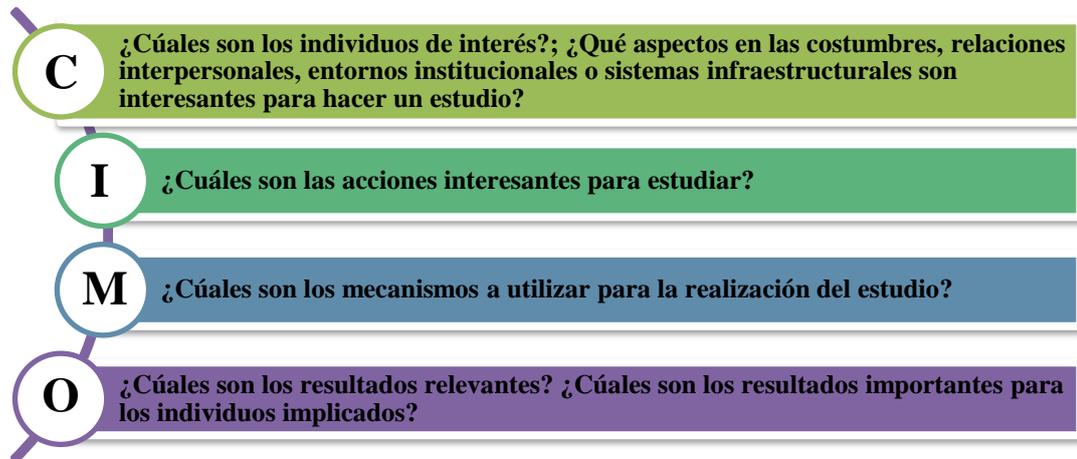


Ilustración 3 Metodología CIMO, adaptado de Tranfield y Denyer. (2009).

Se realiza un análisis sistemático en los registros de la base de datos Scopus, con el objetivo de dar una respuesta al tema de investigación: La aplicación de los MCDM en la selección de proveedores. Con este análisis bibliográfico, será posible conocer sobre la importancia de la implementación de estos métodos, su relevancia en las diferentes actividades organizacionales, cuáles son los más utilizados, en qué tipos de organizaciones, y qué aspectos relevantes se tienen en cuenta al momento de decidir sobre cierto proveedor.

Aplicando la lógica CIMO, propuesta por Denyer y Tranfield (2009), es posible formular la siguiente estructura:

Si una organización desea tomar una decisión sobre la elección entre varios proveedores, basados en los métodos multicriterio (C), debe emplear los MCDM y la investigación operativa (I) según la importancia de los criterios de los proveedores, y decidir sobre una gestión de compras óptima (M) por medio de la elección del proveedor que se identifique con las necesidades de la empresa (O).

Para la presente investigación, es posible deducir que la cuestión más importante es: ¿Qué métodos de decisión multicriterio son los más utilizados por las organizaciones en la selección de proveedores?

#### 4.4.2. Revisión bibliográfica

La Declaración PRISMA 2020, publicada inicialmente en el 2009 y posteriormente actualizada, ha sido utilizada frecuentemente en muchas revisiones sistemáticas, especialmente en la rama de la salud, y es considerada un modelo de ayuda para investigadores y/o autores, para informar lo más claro posible acerca de qué cosas relevantes se ha encontrado en la investigación, por qué se ha realizado y qué se desarrolló durante toda la revisión sistemática. Además de crear nuevas teorías surgidas a lo largo de la investigación, sobre posibles soluciones alternas, o desarrollar problemas sin resolver a lo largo de la revisión. La Declaración PRISMA 2020 consta de una lista de comprobación, con 27 ítems, que detalla paso a paso y de manera resumida, todo el flujo de información para revisiones sistemáticas. También proporciona un diagrama de flujo en donde sugiere cómo realizar paso a paso, dicha revisión (J. Page, y otros, 2021). Ver Ilustración 4.

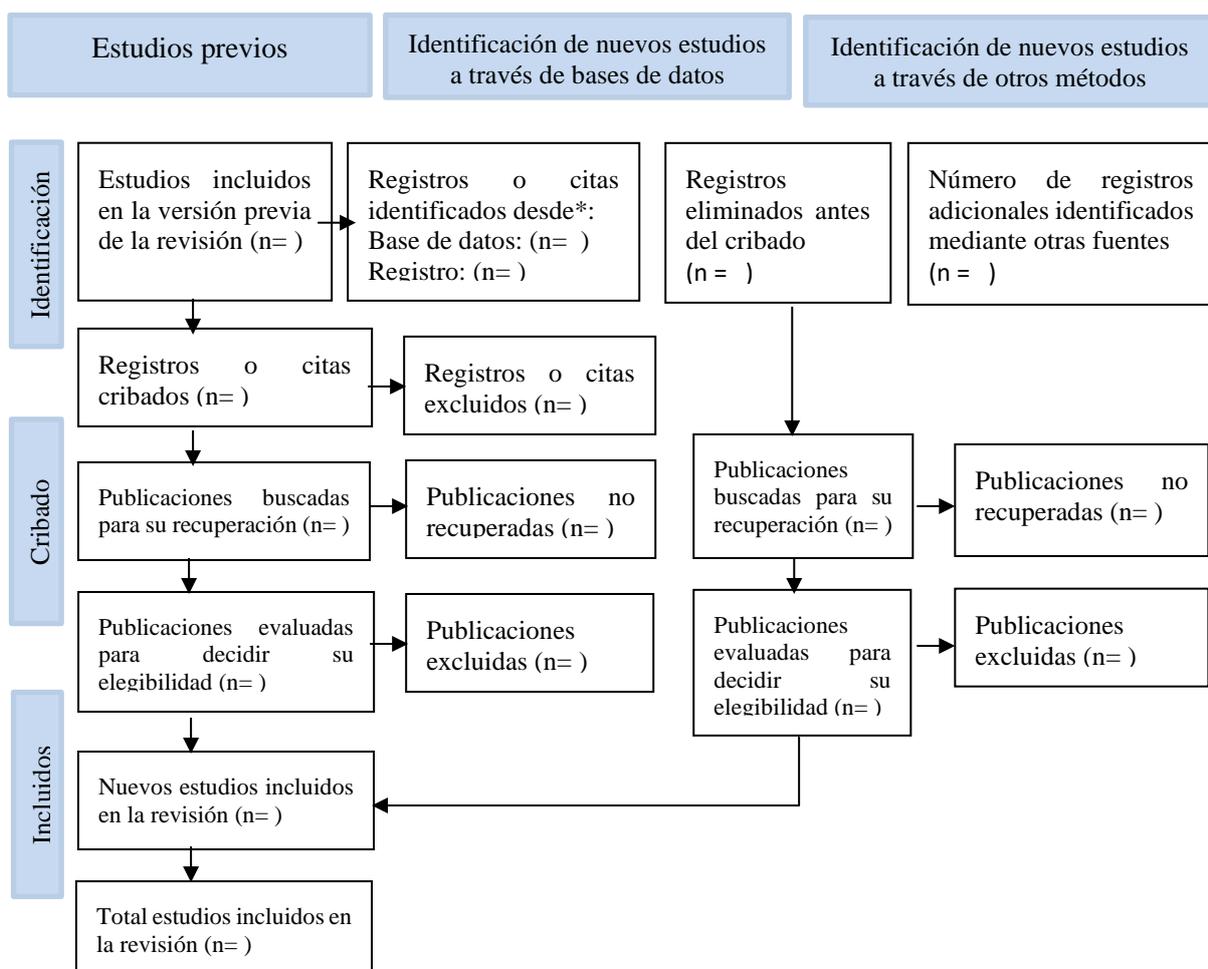


Ilustración 4 Diagrama de flujo PRISMA 2020



A lo largo de la investigación, se ha llevado a cabo una revisión sistemática en la literatura publicada en materia de la aplicación de los MCDM en la selección de proveedores. Para su desarrollo, se ha adaptado la metodología propuesta en la declaración PRISMA 2020 visualizados en la Ilustración 4. A continuación, se detallará el proceso de su elaboración.

### ***Búsqueda de literatura***

Las primeras búsquedas se realizaron en marzo de 2022, en donde inicialmente, se debían incluir todos los datos relevantes y publicaciones que soportaran o se relacionaran con la pregunta de investigación, es decir, debían incluir con los criterios de la búsqueda. Por lo tanto, en un principio, se incluyó a grandes rasgos toda la información que fuese posible sobre MCDM en la gestión de la cadena de suministro, con la combinación de los términos “MCDM AND Supply chain”, dando como resultado 732 referencias. Luego, se agregó el término “Supplier selection”, para enfocar el área de interés de búsqueda sobre la aplicación de estos métodos; obteniendo como resultado 293 publicaciones. Como base de datos de búsqueda literaria, únicamente se consideró Scopus, ya que ésta es considerada la más grande actualmente en cuanto a cantidad de publicaciones. Luego, se comparan los criterios de inclusión y exclusión en cuanto a los resultados de búsqueda obtenidos, y se determina a grandes rasgos, si los documentos son relevantes para la investigación.

### **Criterios de exclusión**

- Tipo de documentos “congress”, “conference”, “review”, “book” y “erratum”.
- Publicaciones que no contasen con un Digital object identifier (DOI), ni el abstract.
- Referencias donde utilizasen otros métodos diferentes para la selección de proveedores y solo tomasen los MCDM como referencia literaria.
- Referencias con métodos multiobjetivo y no multiatributos.
- Referencias en donde no fue claro qué método MCDM concretamente emplearon.

### **Criterios de inclusión**

- Tratar de publicaciones sobre la aplicación de MCDM en la selección de proveedores.
- Publicadas en el idioma inglés.
- Publicaciones de tipo artículos científicos.
- Que se hayan publicado entre 2012 y 2022, ambos inclusive.

Continuando con el desarrollo de los criterios de búsqueda, se excluyeron los documentos de tipo “congress”, “conference”, “review”, “book” y “erratum”, teniendo únicamente en cuenta publicaciones de tipo artículos científicos, en donde empleasen el tema de interés, de manera empírica o investigativa, limitando los resultados a 229 artículos de revistas. Luego, se han excluido aquellas bibliografías que no contaran con un Digital object identifier (DOI), ni el abstract, dando como resultado, 217 publicaciones. Se eligió el idioma inglés por ser el más empleado en las publicaciones científicas en el tema de investigación, quedando un resultado de 216 publicaciones. Estos artículos se fueron incluyendo progresivamente, escogiendo el rango del año de la publicación entre 2012 y 2022, obteniendo 185 publicaciones. También, se realizó una lectura en los resúmenes de las publicaciones, con el fin de excluir aquellos trabajos que no empleasen el método a investigar (MCDM), o que no se relacionasen con el tema a investigar, obteniendo 130 publicaciones.

Las publicaciones encontradas en este estudio son relacionadas con la utilización de los MCDM, en la selección de proveedores y la gestión de la cadena de suministro. Cada publicación tiene un enfoque de estudio particular, siendo las áreas de mayores publicaciones, la economía circular, la ingeniería, la salud, las ciencias de la computación, los negocios, entre otras. También es importante resaltar, que la mayoría de estas investigaciones buscan elegir proveedores verdes y/o que cuenten con un alto grado de sostenibilidad. Como resultado, se han incluido aquellas publicaciones estrechamente relacionadas con el tema de investigación del presente estudio, excluyendo aquellas que no se relacionase mucho con el tema, obteniendo un total de 70 resultados.



## Capítulo IV: Análisis bibliométrico de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

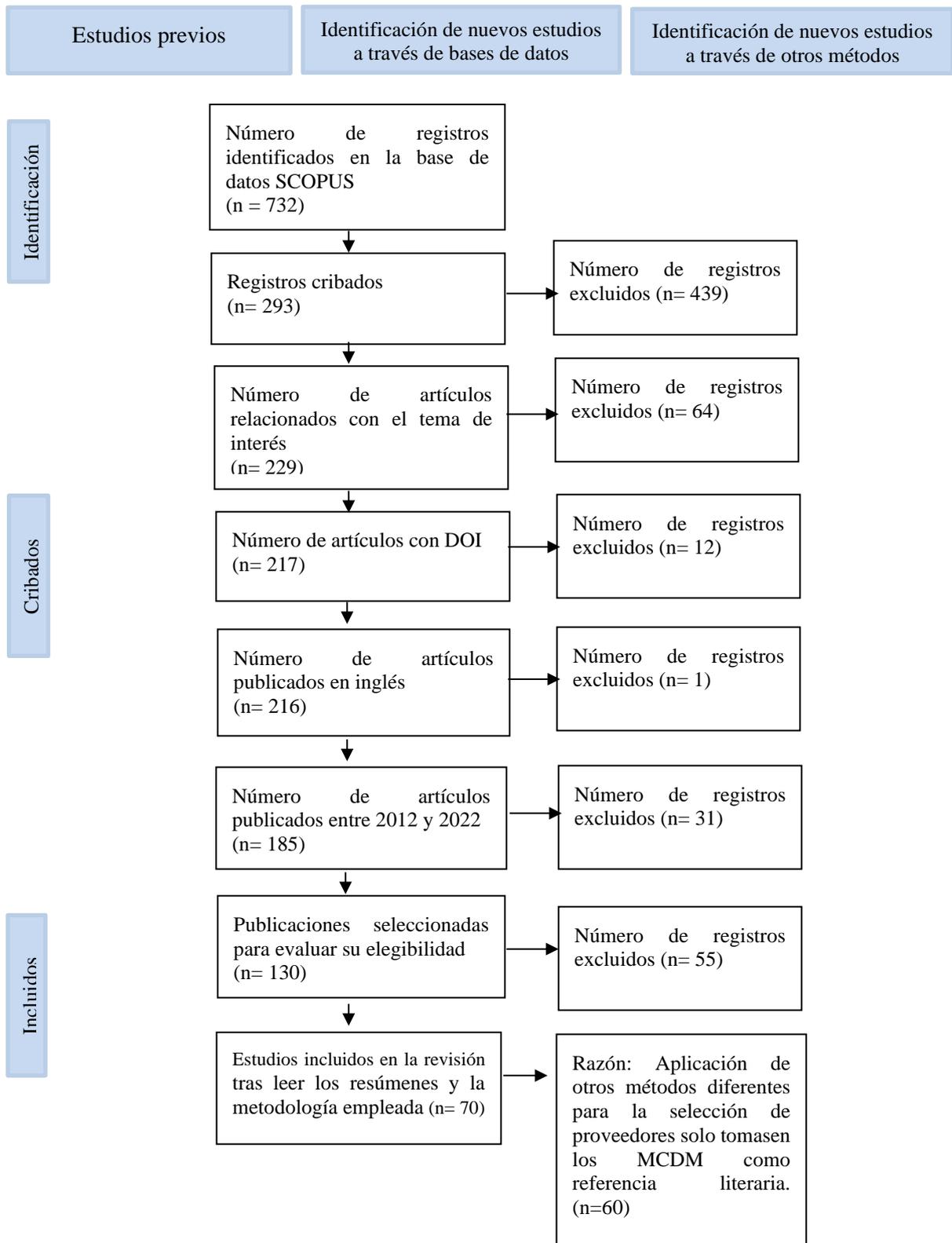


Ilustración 5 Adaptación a. Diagrama de flujo PRISMA 2020

#### 4.5. Análisis y síntesis

- Año de publicación

El crecimiento de la investigación sobre la aplicación de los MCDM en la selección de proveedores es evidente durante el periodo 2012-2022. Esta tendencia lineal se encuentra se puede observar en la Ilustración 6: Entre los años 2012-2015, se evidencia un bajo número de artículos publicados sobre el tema, pues solo se pueden apreciar 4. Entre el 2016 y 2018, se observa un crecimiento, con un total de 13 publicaciones. Entre el periodo 2019-2020, el número de artículos publicados crece, con un total de 20 publicaciones. Y es en los años 2021 y 2022, cuando la producción científica realmente incrementa, con un total de 33 publicaciones, el cual, representa el 47,14 % del total.

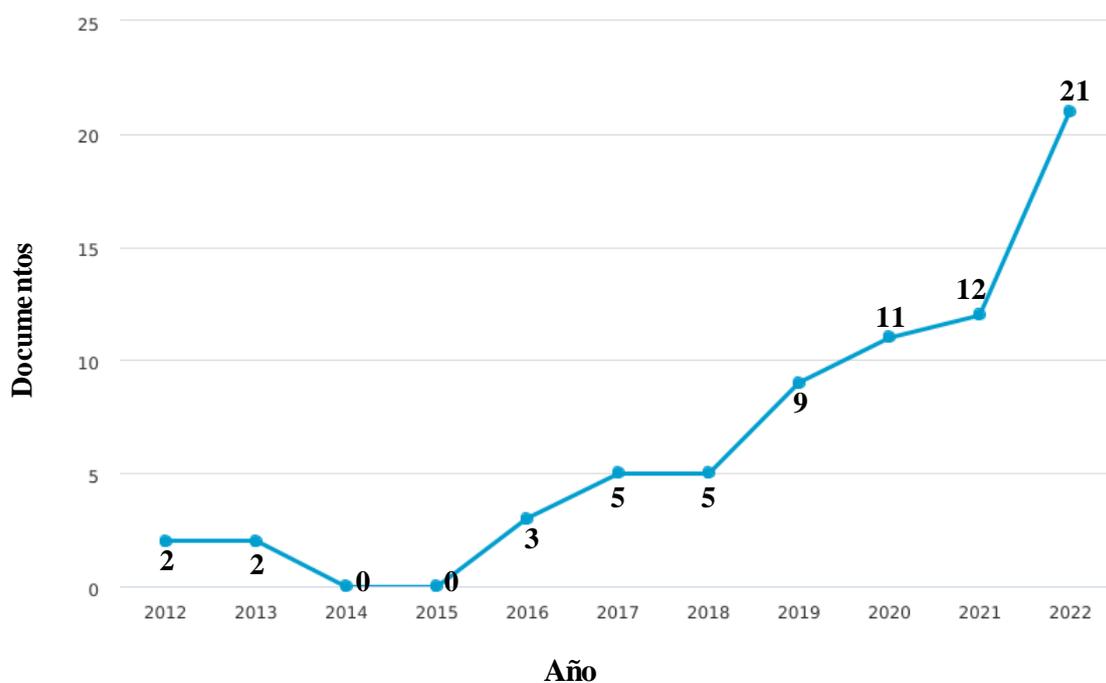


Ilustración 6 Distribución de las publicaciones en el periodo 2012 -2022.

- Autoría

Las publicaciones analizadas, se caracterizan por el alto nivel de coautoría (Ver ilustración 7), ya que en el 97% de los artículos analizados, participaron dos o más autores, siendo lo más común, la coautoría conformada por 4 investigadores, representando el 24% del total; seguido de la coautoría conformado por 6 investigadores, con el 19% del total y de tercera



## Capítulo IV: Análisis bibliométrico de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

posición, la coautoría entre 8 personas, con el 16% del total. Por otra parte, los artículos escritos por un solo autor representan el 3% del total.

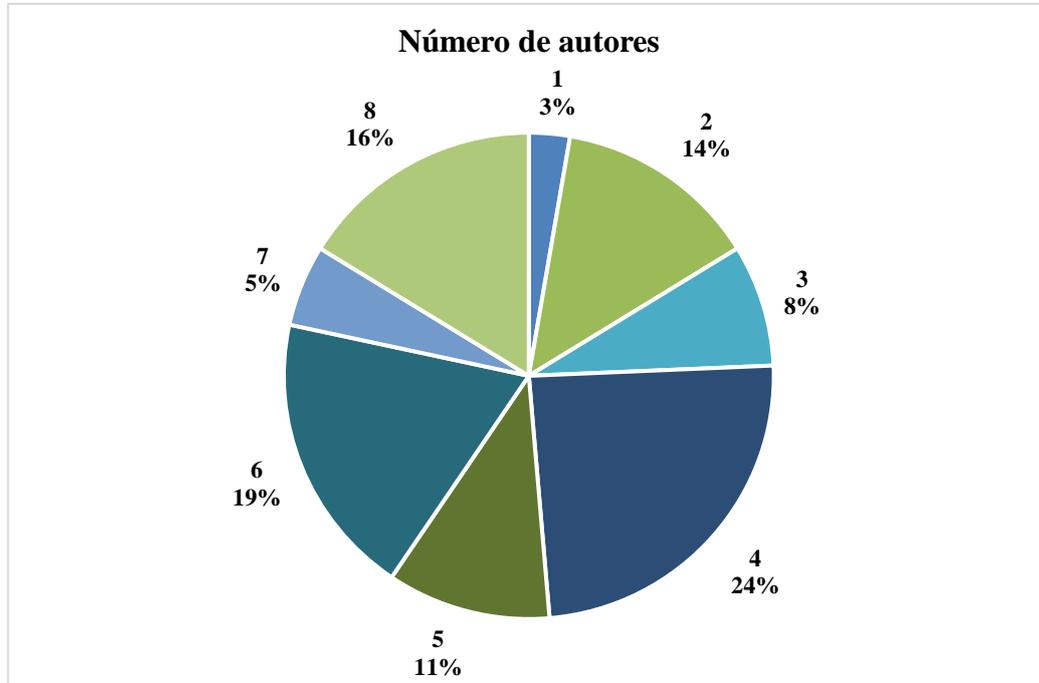


Ilustración 7 Número de autores por publicación.

Es posible observar los vínculos profesionales entre los 235 investigadores que colaboraron en sus publicaciones (Ver ilustración 8), al igual que el número de publicaciones por autor, tomando los 15 primeros según la cantidad, en orden descendente (Ver ilustración 9).

# ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LA APLICACIÓN DE MCDM EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES

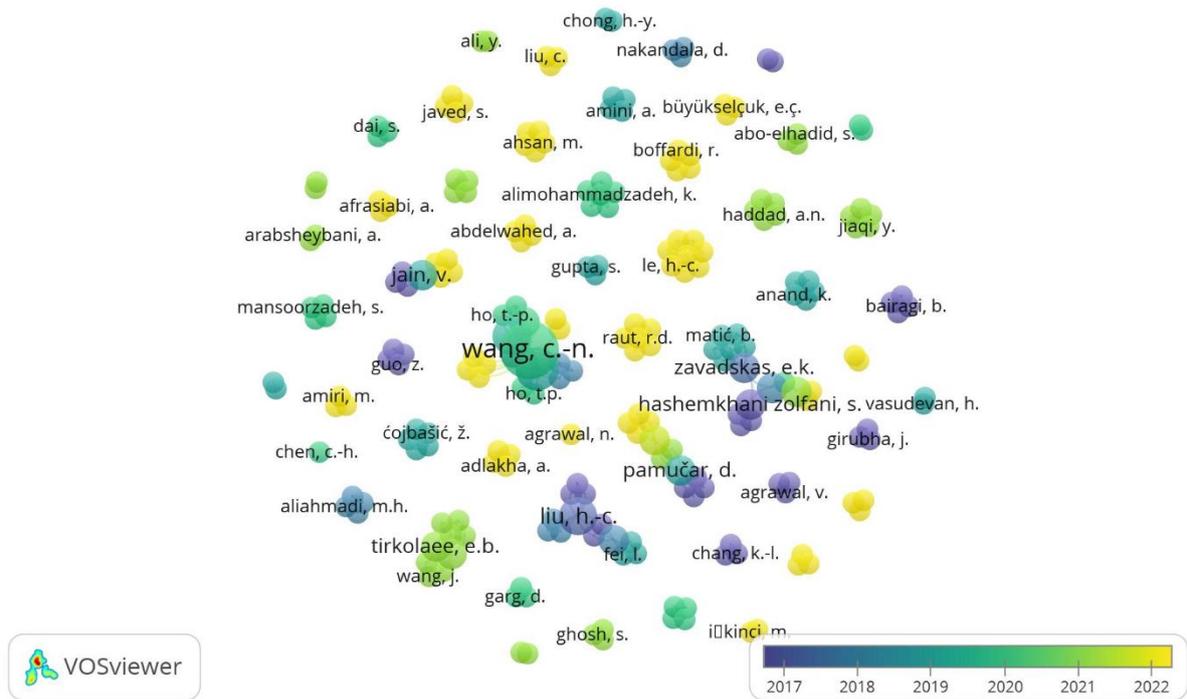


Ilustración 8 Mapa de coautoría.

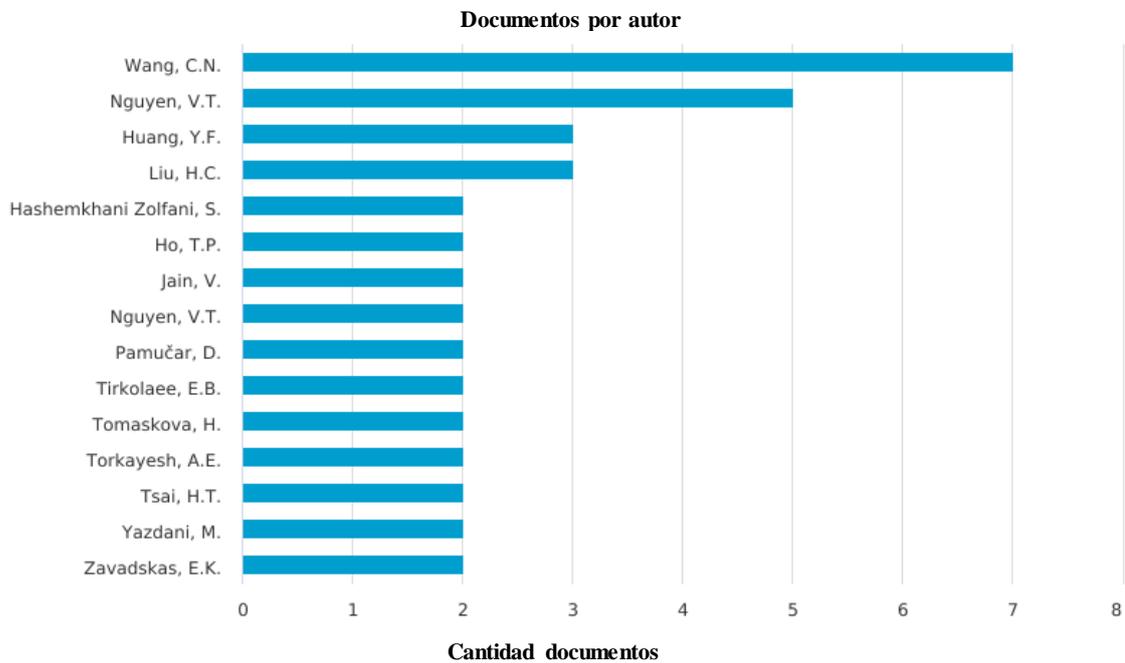


Ilustración 9 Cantidad de documentos por autor.



## Capítulo IV: Análisis bibliométrico de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

- Países

Dentro de los principales países en que se llevaron a cabo investigaciones sobre los métodos de decisión multicriterio en la selección de proveedores, son mayormente del continente asiático, liderado por India, seguido de Irán y China. Por otra parte, Australia representa con mayor porcentaje, al continente de Oceanía; Alemania se encuentra con mayor representación en el tema de investigación, dentro del continente europeo; Estados Unidos evidencia más publicaciones del continente americano y Egipto, del continente africano. (Ver ilustración 10).

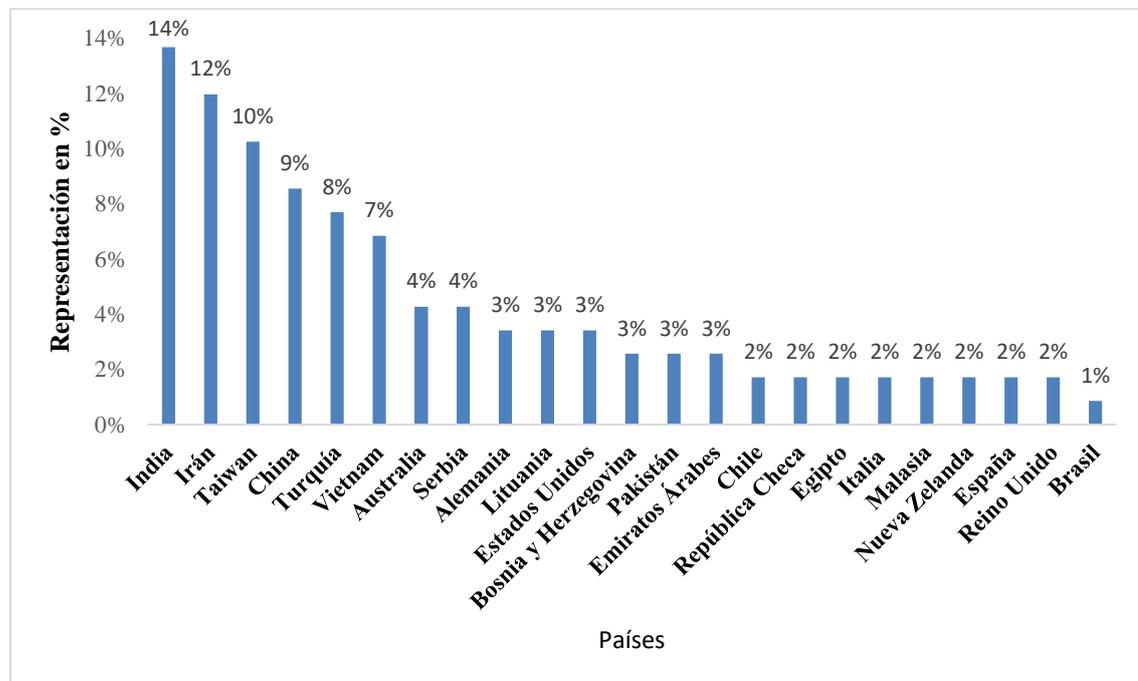


Ilustración 10 Países en donde se trataron las investigaciones.

- Organizaciones – Universidades

Entre las principales organizaciones, a las que se asocian los autores para llevar a cabo sus investigaciones, se encuentran: National Kaohsiung University of Science and Technology (Taiwán), con un total de 7 publicaciones; seguido de Vilnius Gediminas Technical University

## ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LA APLICACIÓN DE MCDM EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES

(Lituania), relacionando 4 publicaciones; y la International University - VNU-HCM (Vietnam) con 4 publicaciones. (Ver Ilustración 11).

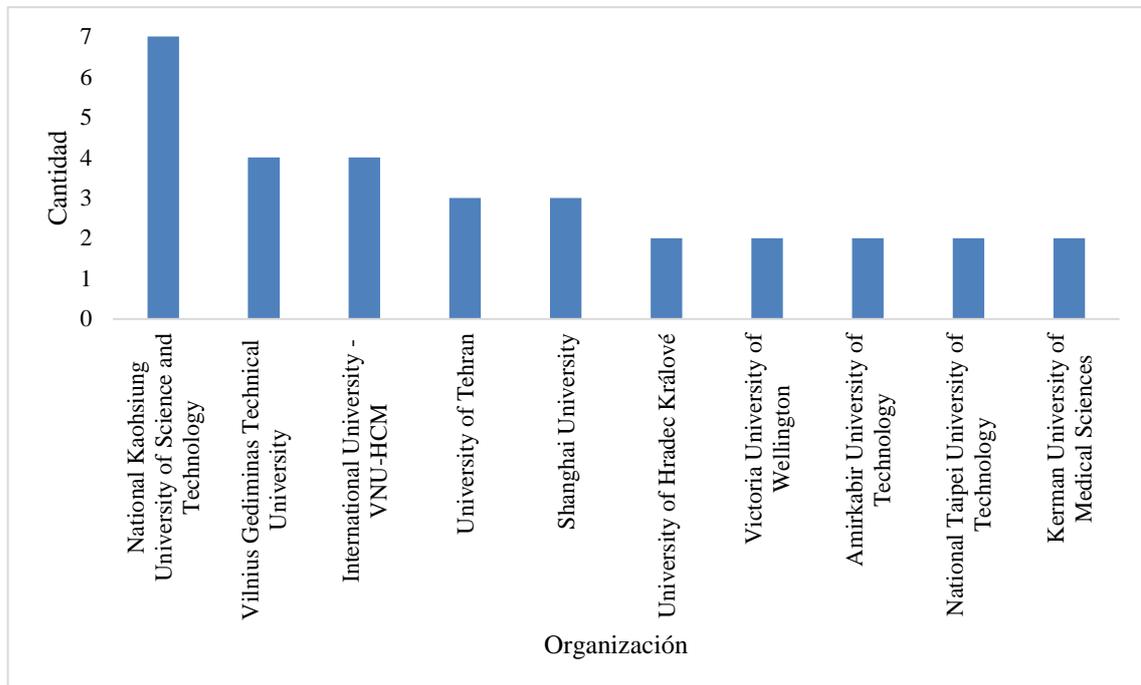


Ilustración 11 Organizaciones asociadas a las investigaciones.

- Revistas

En cuanto a las revistas, en las que se han publicado los artículos, principalmente se encuentran “Symmetry”, con un total de 6 artículos, seguidos de “Sustainability”, “Mathematics” y “Mathematical Problems in Engineering”, cada una con 4 artículos publicados, respectivamente. (Ver Ilustración 12).



## Capítulo IV: Análisis bibliométrico de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

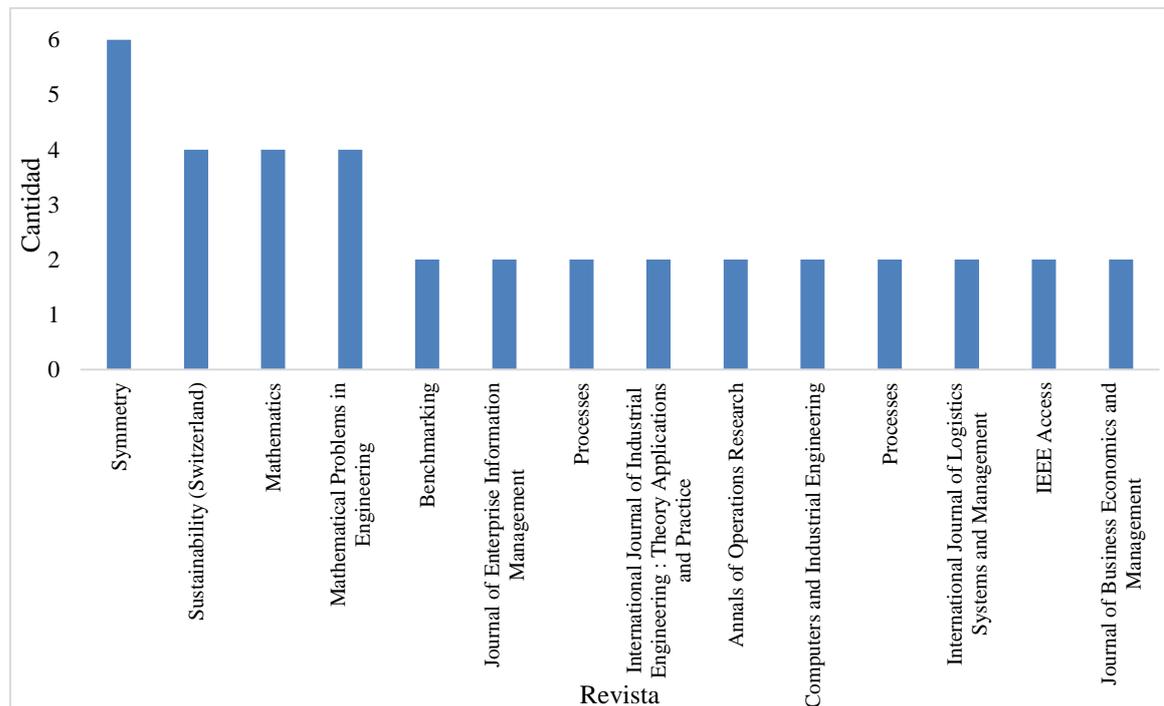


Ilustración 12 Número de artículos publicados en las principales revistas.

- Palabras claves

Para comprobar las palabras claves utilizadas en la descripción de la temática principal de cada artículo, se utiliza el software VOSviewer, con el fin de visualizar el mapa de coocurrencia entre las palabras clave de la literatura de los MCDM en la selección de proveedores. En la ilustración 13, se evidencia principalmente que las palabras más usadas son: “selección de proveedores”, “toma de decisiones” y “gestión de la cadena de suministro”. También es importante mencionar que el concepto “sostenibilidad”, es incluido en reiteradas ocasiones con las palabras claves “selección de proveedor verde”, “gestión de la cadena de suministro verde”, “selección de proveedores sostenibles” y “sostenibilidad” respectivamente.





## Capítulo IV: Análisis bibliométrico de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

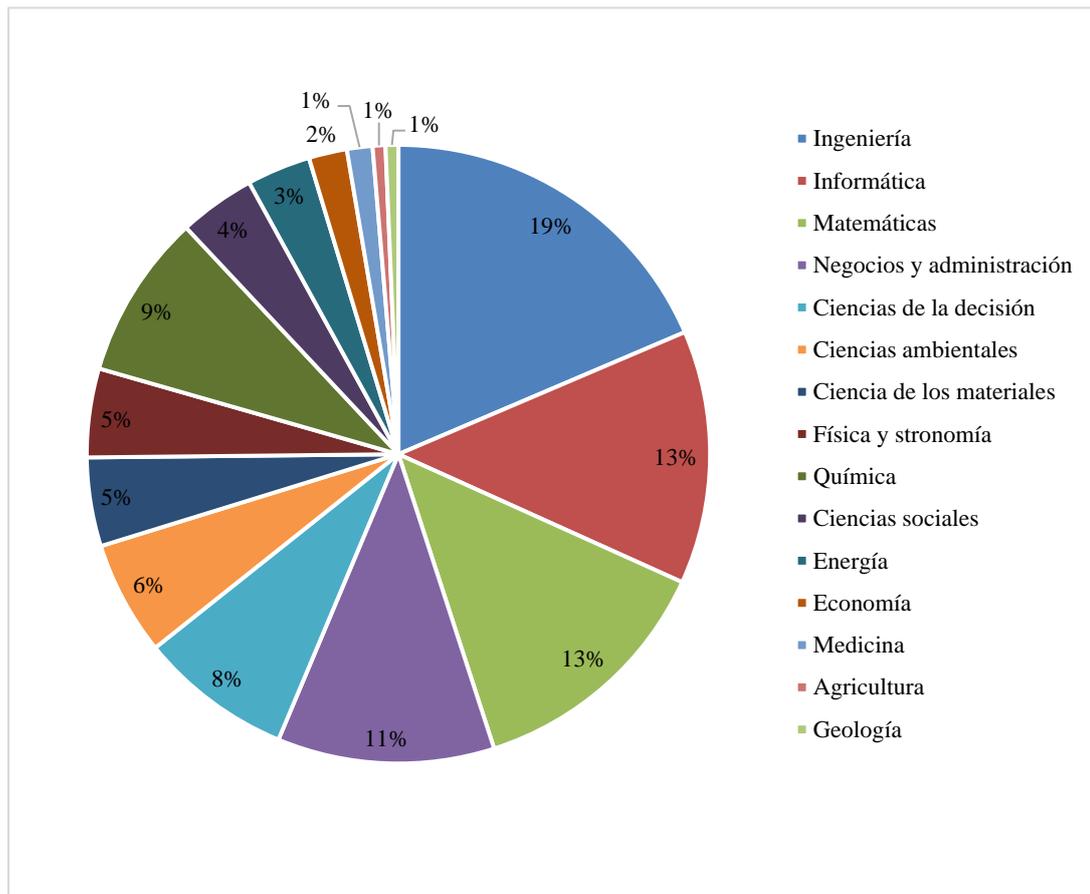


Ilustración 14 Aplicación de los MCDM en la selección de proveedores según las áreas de conocimiento.

- Enfoque:

En detalle, es evidente que la aplicación de MCDM, tuvo diferentes enfoques e intereses particulares en cada artículo publicado, a la hora de seleccionar proveedores. Encabezando la lista, el área industrial en general y la automoción, contaron con una representación de 12 publicaciones cada una. Hay que recordar que los MCDM son mayormente empleados en los países asiáticos tales como India, China, Pakistán, entre otros; países cuyo crecimiento de la automoción y el área industrial, ha sido notable en los últimos años. Esta demanda de la aplicación de los métodos en la automoción también podría relacionarse con la escasez de chips y las paradas de producción que atravesó el mundo en general. Dichas áreas seguidas del sector de la construcción y la alimentación, con un total de 7 artículos cada área relacionados con el tema, del total; y en tercera posición, el sector de la sanidad fue representado con 5 artículos,

## ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LA APLICACIÓN DE MCDM EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES

lo cual se relacionaría con la escasez de insumos en los hospitales, a causa de la pandemia del COVID-19; y, por otra parte, la manufactura y producción con 4 publicaciones. La agricultura, el sector textil, el ambiental y el energético, también fueron enfoques de estudio en donde utilizaron los MCDM al momento de elegir proveedores. (Ver Ilustración 15).

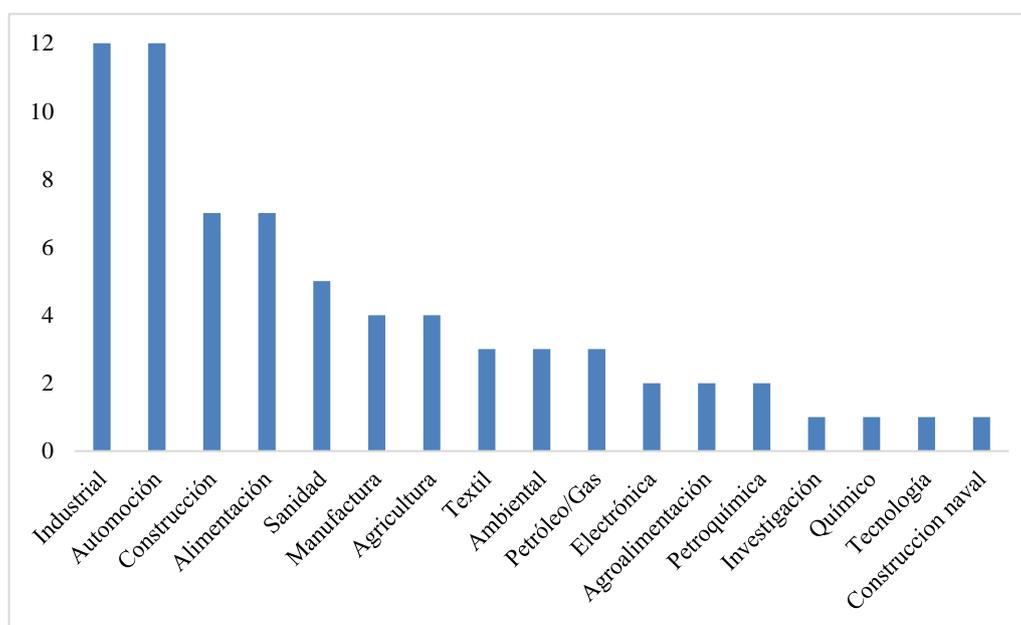


Ilustración 15 Enfoque de aplicación de los MCDM en los artículos

- Métodos:

Dentro de los cinco métodos más usados en los 70 artículos analizados, AHP encabezó la lista, con un total de 26 publicaciones que utilizaron dicho método para la toma de decisiones en la selección de proveedores; muy seguido el método TOPSIS, con una representación de 25 artículos en donde optaron por este modelo. Posteriormente y con una gran diferencia de número de publicaciones frente a los dos primeros, se emplearon ANP y VIKOR, con 9 artículos cada uno; y, en quinto lugar, el método BWM, con 7 artículos. También es importante mencionar que, dentro de los métodos menos utilizados, se hallaron ISM, ELECTRE II, FUCOM, ITARA, MACBETH y PROMETHEE II, cada uno empleado una sola vez. (Ver Ilustración 16).



## Capítulo IV: Análisis bibliométrico de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

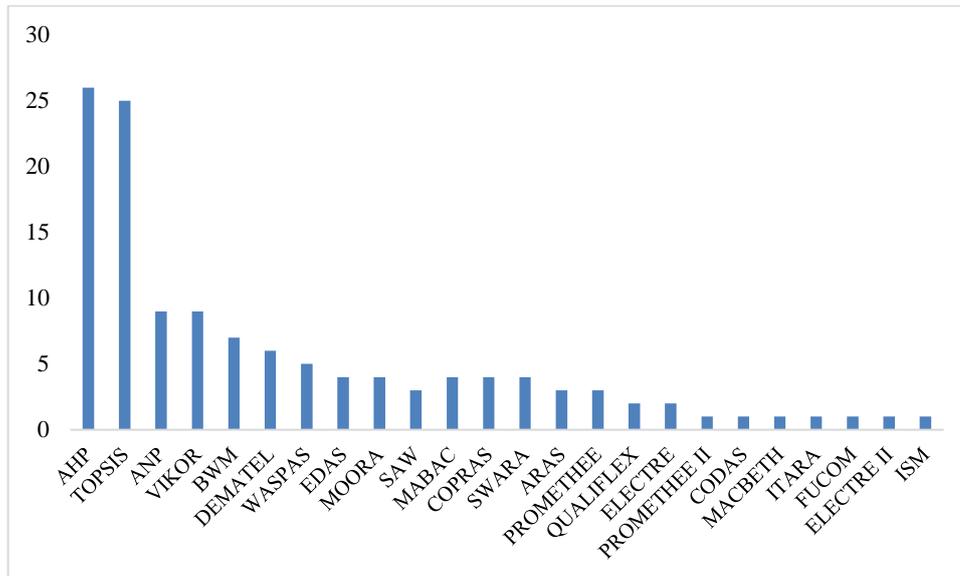


Ilustración 16 MCDM aplicados en los artículos

Por otra parte, es importante resaltar que muchos de estos métodos fueron aplicados en conjunto con otro u otros, de acuerdo con las preferencias de los investigadores, haciendo que la frecuencia del uso de éstos aumentara en algunos, al ser referenciados como segundo (e inclusive tercero, cuarto y quinto) método de alternativa o de comparación. En la Ilustración 17, se podrá visualizar la cantidad de métodos empleados en cada artículo y su frecuencia.

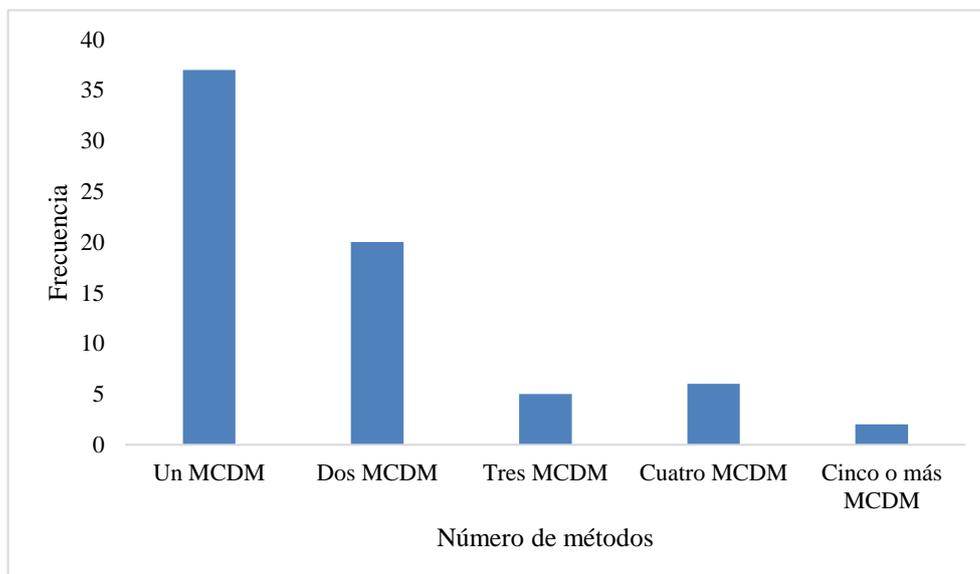


Ilustración 17 Cantidad de métodos MCDM aplicados por publicación

Si bien, un poco más del 50% aplicaron únicamente un solo método como alternativa decisiva en la selección de proveedores, lo que determina que, en casi la mitad de los artículos analizados, prefirieron emplear a más de uno a la hora de escoger a un proveedor: en 20 publicaciones utilizaron dos métodos, 5 artículos utilizaron tres, 8 aplicaron 4 y en 2 usaron cinco o más métodos. Con lo anterior, se puede confirmar que mayormente los autores realizaron comparaciones finales de resultados entre varios métodos con el fin de asegurar una decisión óptima; pero esto se profundizará más adelante, en el apartado final de Resultados y discusiones.

- Criterios

En cuanto a los criterios, hubo una gran variedad de éstos en los diferentes artículos, pues cada investigación tenía sus intereses y enfoques de aplicación de los MCDM. Sin embargo, criterios tradicionales tales como “calidad”, “tiempo de entrega”, “costes”, “precio” y “nivel de servicio”, encabezaron la lista de los más utilizados para dichas investigaciones a la hora de seleccionar a un proveedor. Por otra parte, dentro de aquellos criterios de “bienestar” que han sido cada vez más empleados para ponderar a las alternativas, se encontraron “gestión sostenible”, “gestión social”, y “gestión de los RRHH” como los más nombrados al momento de calificar a un proveedor. También es importante mencionar que se hallaron otros criterios con enfoque social y de sostenibilidad, tales como “eco-diseño”, “imagen verde”, “emisiones de gases”, “transporte verde”, “producción verde”, “creación de empleo” entre otros, y que a lo largo de la lectura de los artículos en la presente investigación, se determinaron 44 artículos con enfoque ambiental y social en uno o más criterios para la calificación de los proveedores; mientras que 26 artículos evidenciaron únicamente criterios tradicionales. También se encontraron criterios muy particulares, con un único uso por artículo, tales como “gestión del marketing”, “cumplimiento de la ISO 9000”, “medidas alimentarias”, “resiliencia”, entre otros, los cuales sumaron una cantidad de 18 criterios que fueron agrupados en el dato de “Otros”. (Ver Ilustración 18).



## Capítulo IV: Análisis bibliométrico de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

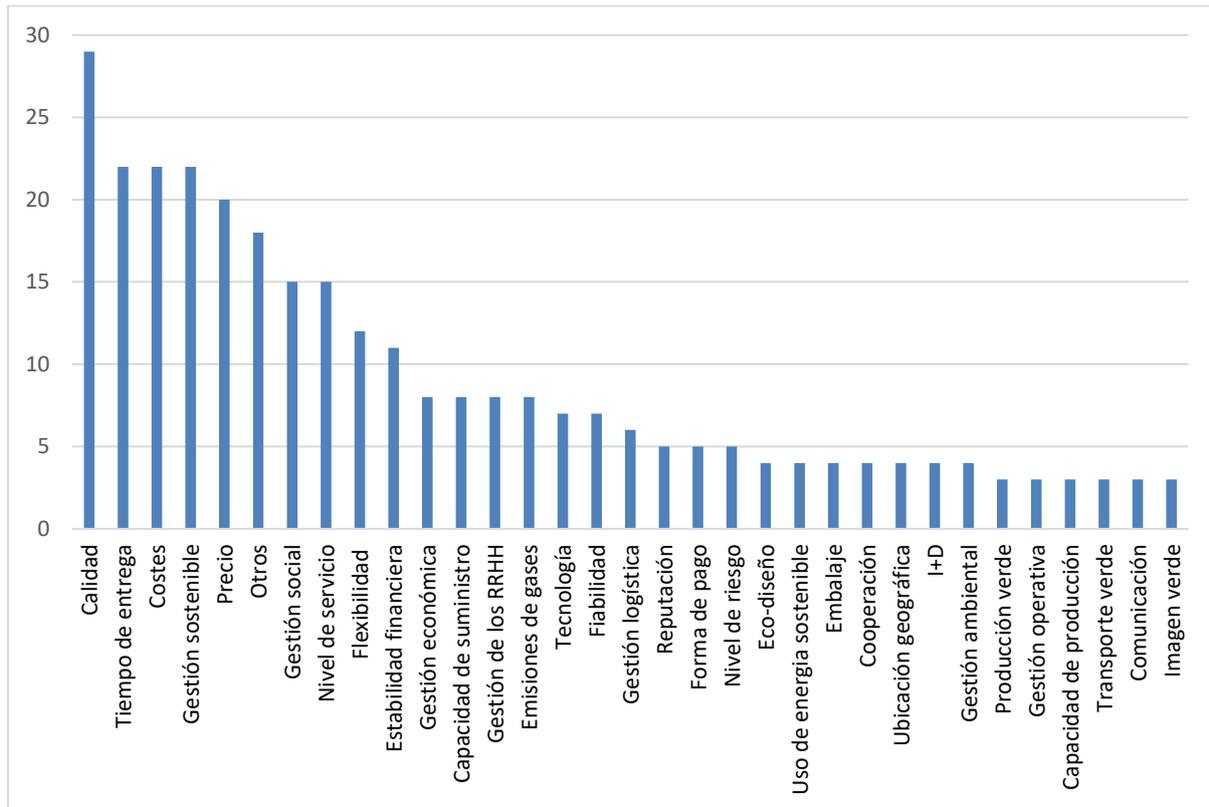


Ilustración 18 Criterios empleados para la ponderación de los proveedores

- Resultados

Señalando por último los resultados finales que consideraron los autores sobre la aplicación de los MCDM en la selección de proveedores, es posible afirmar que la mayoría manifestaron alcanzar resultados 100% satisfactorios o ideales para su necesidad de investigación. Sin embargo, una minoría de 6 artículos, evidencia que sus autores quedaron con un grado de incertidumbre e inconformidades, a lo que determinaron que los resultados no fueron 100% creíbles o satisfactorios. (Ver Ilustración 19).



Ilustración 19 Resultados de la aplicación de MCDM según los autores

En la Ilustración 19 se evidencia que en 64 artículos manifestaron obtener resultados ideales y verídicos, en la aplicación de MCDM para la selección de proveedores; y una cantidad de 6 artículos determinaron no estar 100% seguros o satisfechos con el método aplicado.

El objetivo de esta última fase de la metodología en la búsqueda bibliográfica es identificar el aporte a realizar en el desarrollo de la investigación. Se debe llevar a cabo un análisis cualitativo de toda la información, y se evalúa si el estudio fue satisfactorio. Por otra parte, también se realiza un análisis cuantitativo, en el que se expongan datos como los modelos teóricos más utilizados, citas por autor, publicaciones según el país, y otras variedades.

Según Esquirol et. al. (2017), un análisis bibliográfico es una base sólida para llevar a cabo cualquier investigación, teniendo en cuenta todas las diferentes teorías y sus bases científicas.

El análisis realizado en el capítulo V que se llevará a continuación, se ordenaron de acuerdo con los métodos más empleados que se encontraron en los 70 artículos, en donde se ha plasmado el problema inicial, metodología empleada, y los resultados o conclusiones manifestados de los investigadores.



## **5. Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores**

Se entiende entonces, que los MCDM, se utilizan principalmente, como herramienta de decisión ante un problema, una investigación y/o cualquier otra necesidad de carácter decisiva que tenga la organización, en este caso, en la selección de proveedores.

Cada publicación seleccionada en esta investigación tiene un enfoque de estudio particular, tales como proyectos de ingeniería, negocios y finanzas, logística hospitalaria, ciencias de la computación, entre otras. También es importante resaltar, que, en muchas de estas publicaciones, de diferentes áreas de aplicación, buscan aplicar los métodos de decisión multicriterio en la selección de proveedores verdes, innovadores y sostenibles, siendo evidente el esfuerzo y la preocupación de algunas empresas en tener un impacto ambiental positivo, y una buena imagen corporativa.

A continuación, los resultados encontrados en cada artículo, de acuerdo con los métodos más empleados:

### 5.1. AHP

AHP y TOPSIS, resultaron ser dos métodos interesantes para la selección de un socio/proveedor de reciclaje más adecuado, contemplando los criterios ambientales y sociales. (Wittstruck & Teuteberg , 2012). En esta investigación, los autores emplearon AHP para crear una estructura jerárquica; solucionar un problema de decisión multicriterio y organizarlo en diversos niveles. TOPSIS lo utilizaron para comparar y clasificar los socios de reciclaje y sus valores corporativos. Como resultado, de 5 alternativas, identifican a la empresa con mayor puntuación, basados en la calidad del reciclaje, la imagen de sostenibilidad, la prevención de los riesgos laborales, entre otros. Wu et. al. (2013), también aplican TOPSIS y en este caso, ANP, dando más importancia al criterio sostenibilidad, por parte del proveedor.

Dweir et. at. (2016), propusieron el método AHP para la selección de proveedores en una fábrica del sector de automoción, debido a una problemática existente dentro de la misma, por altos índices de rechazo en inspecciones de calidad, y falta de sistematización. En el ejercicio, se enfocó la importancia en los criterios calidad, precio, entrega y servicio. Posteriormente, comprueban la solidez de la decisión, utilizando el software Expert Choice, para aumentar el nivel de sensibilidad. Los autores concluyen, que, con el uso del método, los resultados obtenidos previamente, mediante AHP, no reflejan inconsistencias.



Deshmukh & Vasudevan (2018), investigaron sobre la selección de los criterios importantes que se deben considerar en las alternativas sostenibles, siendo éstos vitales a la hora de elegir a los proveedores, para las fábricas de plástico en la India. El estudio empleó el método multicriterio AHP. En este estudio, se utilizaron ocho criterios principales y 40 subcriterios. Los resultados mostraron que el costo fue el principal criterio para la selección de proveedores, y de segundo la calidad. Los investigadores afirmaron que estos criterios fueron muy generales y/o con pocas inclinaciones sostenibles; aunque otros criterios como la gestión ambiental, y el cuidado de la atmósfera, tuvieron un buen ranking. Finalmente, al mejor proveedor para el abastecimiento de plástico.

Wang et. al. (2018), identificaron al mejor proveedor de aceite comestible para las pymes de procesamiento de alimentos en Vietnam, por medio del método AHP y basados en los criterios de emisiones tóxicas, eficiencia de energía, generación de desechos y seguridad laboral. Después de una evaluación preliminar, seleccionaron 10 proveedores potenciales mediante entrevistas al personal de compras de cada empresa, con base en capacidad del producto, tiempo de entrega, ubicación del proveedor y precio unitario. Como resultado final, los investigadores identificaron como extremadamente eficientes a 5 proveedores, que cumplirían satisfactoriamente al requerimiento de abastecimiento de las empresas de manera sostenible. También consideraron que el modelo propuesto fue factible.

Ratna et. al. (2019), investigaron sobre la selección del mejor proveedor, para una empresa de la industria de la forja, en base a 6 criterios y 25 alternativas. En este estudio, utilizaron un modelo híbrido con el Análisis Relacional de Gray (GRA) y los métodos AHP y TOPSIS. GRA fue aplicado inicialmente para preseleccionar los criterios más importantes, reduciéndolos a cuatro. Posteriormente emplearon AHP para ponderar los pesos de los criterios seleccionados tales como el tiempo de entrega, la certificación ISO 9000, la capacidad de suministro y la posición geográfica, pues consideraron que este método era el adecuado para construir una jerarquía de los criterios, dividiendo un problema en partes menores. Finalmente, emplearon el método TOPSIS para seleccionar al mejor proveedor entre las 25 alternativas (ver apartado TOPSIS 5.2, párr. 8). Los investigadores concluyeron el resultado como ideal y positivo.

Gupta et. al. (2019), propusieron una metodología en la selección de proveedores ecológicos para una empresa del sector de la automoción, basados en el proceso de jerarquía analítica (AHP), junto con la fusión de los métodos MABAC, WASPAS y TOPSIS, teniendo en cuenta a distintos criterios ambientales tales como el sistema de gestión medioambiental, el control de la contaminación, la calidad y la imagen verde; y a tres convencionales (calidad, precio y nivel de servicio) en cada una de las alternativas. Con el método AHP, asignaron las ponderaciones apropiadas según la percepción de los interesados, a los criterios seleccionados. Luego, con el fin de seleccionar la alternativa potencial ecológica, emplearon las fusiones entre AHP-MABAC, luego entre AHP-WASPAS y por último AHP-TOPSIS. En los tres casos, el ranking total fue exactamente igual, obteniendo al proveedor sostenible ideal. Por otra parte, concluyeron que, con estos modelos aplicados, pudieron mitigar la subjetividad, aumentando el grado de validez en los resultados.

Shin & Suraraksa (2019), decidieron investigar las diferencias en el conjunto de criterios para la selección y seguimiento de proveedores sostenibles del sector de la automoción, con el método AHP, teniendo en cuenta 7 principales criterios: Coste, calidad, capacidad, servicio, TICs, finanzas, y sostenibilidad. Como resultado, destacan que existe una diferencia entre la selección de proveedores y el seguimiento de proveedores, pero a su vez, los estudios entre ambas actividades fueron similares, pues en ambos mostraron que el criterio 'calidad' se destacó como el más importante. Estos resultados causaron inquietud entre los investigadores, pues según ellos, se cree que la selección de proveedores tiene una mayor prioridad en el criterio de precio (más bajo), mientras que la calidad se enfatiza más para la producción, lo que les ayudó a comprender mejor la interrelación entre procesos para la gestión de los proveedores en la organización.

Wang et. al. (2020), estudiaron un caso de selección de proveedores, en una fábrica internacional de equipos electrónicos a gran escala, la cual, buscaba elegir a proveedores con bajo uso del carbono, en sus componentes. En este caso, los interesados se enfrentaron a un desafío en la elección de los proveedores, pues tenían que buscar un equilibrio entre bajar costes de materia primera e incrementar la sostenibilidad, mitigando el carbón, siendo éste, el material con coste más bajo en el mercado, en comparación de otros materiales como el LCD. Es por esto por lo que decidieron optar por un método de decisión multicriterio, en este caso el ANP, teniendo en cuenta los términos de calidad, entrega, servicio, continuidad comercial e impacto



## Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

---

social como criterios de evaluación. Los resultados demostraron que, si elegían a los proveedores más sostenibles y/o con menos cantidad de carbón en sus componentes, los costes incrementarían significativamente. En consecuencia, el estudio pudo demostrar cómo los proveedores podían equilibrar la competitividad y la capacidad de producción baja en carbono, manteniendo un equilibrio competitivo.

Yadav et. al. (2020), proporcionaron en su investigación, el método AHP como herramienta principal en la toma de decisiones y selección de proveedores de servicios de logística de terceros, para la gestión de la cadena de suministro y el aumento de la sostenibilidad, en una empresa agrícola. En la búsqueda de la subcontratación de actividades logísticas, tuvieron en cuenta 9 criterios, dentro de estos, la calidad, la estandarización, los costes, la logística, entre otros. Concluyeron que el marco en el que se ha desarrollado el estudio y la aplicación del método para la selección de los mejores proveedores de servicios logísticos fue muy eficiente para evaluar los criterios.

Wang et. al. (2020), investigaron sobre la evaluación y selección de proveedores, para optimizar la planificación de la producción basados en la operatividad, reducir los costos de las materias primas, mejorar la competitividad y disminuir los costes e inventarios, en una empresa de petroquímicos; por medio del método multicriterio AHP y con el apoyo del modelo SCOR para evaluar a los proveedores potenciales, y el método de análisis envolvente de datos (DEA), para clasificar a los proveedores en la etapa final. Los investigadores afirmaron que con el método AHP, pudieron determinar los pesos en los criterios y clasificar las diez alternativas, pero a la vez, encontraron una desventaja en cuanto su enfoque, pues percibieron que los datos de entrada son muy subjetivos, y los resultados pueden implicar errores. Por tal motivo, utilizaron SCOR, AHP y DEA, obteniendo como resultados satisfactorios, a tres proveedores seleccionados.

Viet et. al. (2020), propusieron un modelo de toma de decisiones para la selección de proveedores, con el fin de mejorar la competitividad y la calidad del producto, y obtener un coste de producción mínimo en la industria textil en Vietnam. Como métodos, seleccionaron el ANP, ya que la consideraron el más efectivo para abordar problemas complejos de toma de decisiones en relación con los criterios cualitativos; posteriormente emplearon el método AHP,

para determinar el peso de las alternativas potenciales, y se utilizó el método PROMETHEE II para clasificar al proveedor. En cuanto a la selección de los criterios, se basaron en la métrica SCOR, siendo éstos, la fiabilidad, responsabilidad, flexibilidad, activos y costes, los seleccionados en el estudio. El modelo combinado propuesto, se consideró óptima, y factible.

Rezaei et. al. (2020), emplearon el método multicriterio AHP, en el proceso de selección de proveedores, en la asignación de pedidos y en la determinación de la cantidad óptima de compra de cada artículo de cada proveedor estudiado, del sector de la automoción para un importante fabricante de automóviles de Irán; esto con el fin de mejorar la rentabilidad de la cadena de suministro y reducir los desperdicios. Inicialmente en una revisión bibliográfica, concretaron los criterios a tener en cuenta, luego usaron el método AHP para normalizar y evaluar dichos criterios, al igual que en la elección de los proveedores. Finalmente, desarrollaron un modelo de matemática bio objetiva para asegurar las cantidades de compra óptima de cada proveedor analizado. Dicha investigación fue verificada por los interesados y considerada satisfactoria.

Chen C.-H (2020), decidió investigar sobre la toma de decisiones en una empresa dedicada a la construcción, para la selección de sus proveedores, por medio de los métodos AHP y TOPSIS. Los criterios principales que se tuvo en cuenta fueron la satisfacción del producto, la capacidad de innovación de suministro y el nivel de servicio. A partir de los resultados, Chen concluyó que la investigación fue ventajosa y positiva para los tomadores de decisiones, pues posteriormente pudieron verificar la estabilidad y solidez del modelo de evaluación, con un análisis de sensibilidad sistemático en donde los resultados fueron satisfactorios.

Orji & Ojadi (2021), propusieron la aplicación de los métodos AHP y MOORA para analizar las estrategias de respuesta a la pandemia de COVID-19 entre diferentes proveedores y seleccionar al óptimo, para una empresa manufacturera en Nigeria. Dentro de los criterios más significantes tenidos en cuenta, fueron la calidad, el costo, el uso de equipos de protección personal y el uso de tecnologías de la información para la predicción de la demanda de los clientes en la pandemia de COVID-19. Este estudio les permitió a los interesados tener una estrategia de respuesta a la pandemia en la gestión de la cadena de suministro, por medio de la selección de los proveedores adecuados para tal necesidad.



Tirkolaee et. al. (2021), deciden evaluar y calificar a los proveedores con actividades sostenibles, para una empresa del sector agroalimentario en Irán, empleando los métodos multicriterio AHP y TOPSIS. En la primera etapa, aplicaron el método AHP para identificar los pesos de los criterios; luego, el método TOPSIS para evaluar la importancia de cada proveedor en el abastecimiento. Para validar la metodología propuesta, también se apoyaron con el método de entropía de Shannon, verificando así, los pesos de los criterios. Esta investigación fue ejecutada por la empresa interesada, el cual, abordaron la asignación de pedidos sostenibles. Finalmente, concluyeron que dicha metodología aplicada, brindó una optimización en el rendimiento de la selección de proveedores.

Marzouk & Sabbah (2021), propusieron un modelo de toma de decisiones basados en indicadores sociales y sostenibles para una empresa del sector de la construcción. Inicialmente, organizaron entrevistas a los profesionales de compras en cada organización, con el fin de definir los pesos en los criterios recopilados, por medio del método AHP. Posteriormente, emplearon el método TOPSIS en donde evaluaron a los diferentes proveedores de la construcción, frente a los 3 criterios y 17 subcriterios identificados en la primera fase. Finalmente, realizaron un análisis de sensibilidad para estudiar los pesos de los atributos en los proveedores seleccionados y garantizar los resultados. En esta investigación, los interesados aplicaron AHP para reducir la subjetividad debido a la consideración del factor humano y la inconsistencia de los datos. Como resultados, los investigadores consideraron al proveedor ganador, con el desempeño sostenible social mejor calificado en los diferentes escenarios.

Ikinci & Tipi (2022), emplearon el método AHP, con el objetivo de determinar los criterios de selección de proveedores más relevantes en la industria de la restauración y seleccionar al mejor proveedor. Inicialmente, utilizaron un cuestionario a 30 expertos, para identificar dichos criterios. Posteriormente, invitaron a 6 profesionales de la gestión de la cadena de suministro de alimentos, para realizar comparaciones con los resultados de los cuestionarios previos. Finalmente, aplicaron AHP para determinar a la mejor alternativa, utilizando los siete criterios mejores valorados, con los cuales, finalmente seleccionaron al proveedor con la puntuación más alta. Aunque los investigadores consideraron que los resultados obtenidos fueron óptimos, concluyeron que el estudio tuvo limitaciones en el momento de seleccionar los criterios, pues los expertos implicados en los cuestionarios y

entrevistas provenían de una misma ciudad, lo que pudo determinar una muestra muy pequeña y un número de opiniones muy limitado. Siendo esta parte de la investigación muy subjetiva para los interesados, afirmaron la importancia de hacer estudios más amplios e involucrar a más personas en el proceso de la selección de los criterios.

Hazza et. al. (2022), propusieron la integración de la técnica Delphi para la recopilación de datos y el método AHP para el análisis y la selección de proveedores. Inicialmente, con la técnica Delphi, los expertos eligieron los criterios más relevantes y analizaron las compensaciones de las alternativas según los criterios elegidos, entre ellos, precio, tiempo de entrega, la tasa de rechazo y la flexibilidad. Luego, aplicaron AHP, para la ponderación de los pesos de los criterios, siendo el precio el más alto en el rango. Los resultados de este modelo integrado mostraron efectividad hacia los interesados.

Sahu et. al. (2022), integraron un modelo de toma de decisiones para seleccionar un proveedor bajo el alcance de Lean-Agile-Resilient-Green (LARG) para una empresa del sector automotriz en India. Inicialmente, los investigadores recopilaron datos con encuestas y entrevistas a trabajadores del sector, con el fin de obtener los criterios relacionados a las practicas LARG, entre ellos, el equilibrio ecológico, la satisfacción del cliente, la eficacia y la sostenibilidad. Luego, emplearon las técnicas AHP, DEMATEL, ANP, MOORA y SAW, para evaluar a los proveedores sostenibles en términos de gestión de la cadena de suministro. Se consideró que los interesados presentaron un método competente para revisar la alternativa sostenible más importante en la logística.

Wang et. al. (2022), en su investigación sobre la selección de proveedores con desarrollo sostenible, consideraron emplear los métodos AHP y CODAS, con el fin de ayudar a las empresas agrícolas elegir al mejor proveedor de fertilizantes minerales orgánicos y naturales en pro de la conservación ambiental. Los investigadores concluyeron que este modelo aplicado, proporcionó un método eficaz y de calidad en la elección de proveedores para una cadena de suministro sostenible.

Wang et. al. (2022), investigaron sobre la selección de proveedores en función de la sostenibilidad, para una empresa del sector químico. En este estudio, propusieron la aplicación del método AHP, para la identificación de los pesos de cada criterio y la selección del proveedor. En un inicio, los interesados determinaron qué criterios tendrían en cuenta para las



## Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

---

diferentes alternativas, a través de revisiones bibliográficas. Luego, hallaron que "capacidad tecnológica", "costes logísticos", "tecnologías ecológicas", "flexibilidad y confiabilidad" y "entrega a tiempo" se clasificaron como los cinco criterios más relevantes. Finalmente, determinaron al proveedor óptimo y concluyeron que este método aportó en la implementación de la sostenibilidad en la cadena de suministro y el aumento de la competitividad.

Nguyen et. al. (2022), propusieron un modelo integrado de los métodos AHP, WASPAS y el análisis envolvente de datos (DEA), para identificar un proveedor sostenible en una fábrica de acero en Vietnam. En la revisión bibliográfica, los investigadores consideraron criterios tanto cuantitativos como cualitativos. Primero, emplearon DEA para la depuración de datos entre los distintos criterios cuantificables. Segundo, aplicaron el método AHP para obtener la ponderación de los criterios mientras y WASPAS, para determinar a los proveedores sostenibles en función de los criterios (en su mayoría cualitativos ya que éstos fueron los más relevantes) tales como ámbito ambiental, social y económico. Finalmente, realizaron un análisis de sensibilidad, en donde concluyeron que los resultados fueron factibles y sólidos.

Amiri et. al. (2022), desarrollaron un modelo de selección de proveedores sostenibles para una fábrica de producción de latas de aluminio en Irán. En el enfoque propuesto, aplicaron el método AHP para la ponderación de los pesos de los criterios y el método VIKOR para clasificar a los proveedores. Finalmente, los resultados obtenidos fueron medidos por expertos de la industria, los cuales calificaron a la investigación como satisfactoria y positiva para la sostenibilidad.

### 5.2. TOPSIS

Agrawal et. al. (2017), en su investigación sobre los métodos de decisión multicriterio, sugirieron la aplicación de TOPSIS, para la selección de proveedores en las empresas de fertilizantes, ubicadas en India. Dentro del estudio, éstos afirman, que, al ser esta actividad económica tan representativa para el país, se requiere de una óptima elección de proveedores, especialmente los de importación. Los investigadores debatieron, que TOPSIS podría ser un método adecuado, para que las empresas emplearan en esta gestión, teniendo en cuenta 19 criterios, entre alguno de ellos, capacidad de entrega, estabilidad financiera, historial de

negocios, precio, calidad, entre otros. Por otra parte, también encontraron algunas limitantes en el análisis estadístico, como la falta de organización continua y la orientación, por parte de las organizaciones.

Lau et. al. (2017), desarrollaron un estudio, aplicando los métodos TOPSIS y ELECTRE, para analizar el desempeño de los proveedores de alimentos frescos en una cadena internacional de supermercados. El método TOPSIS desempeñó su función en la segunda fase de investigación, de evaluar los criterios y clasificar a los proveedores preseleccionados en la primera parte con ELECTRE, según su desempeño en el cumplimiento de la seguridad alimentaria y otros criterios como precio, calidad, embalaje, transporte y control. Los interesados consideraron a TOPSIS como el método más eficiente para evaluar un conjunto grande de información, al ser una cadena de supermercados. Además, dentro de este método, utilizaron AHP en una mínima parte, para generar los pesos precisos como entrada en TOPSIS. Los investigadores determinaron que la viabilidad de este modelo híbrido utilizado fue la esperada.

Zhao et. al. (2017), llevaron a cabo dos investigaciones de ejemplos prácticos para el uso de MCDM en la selección de proveedores. El primer caso trató sobre la evaluación y selección de un proveedor de sistemas de información, con el fin de aumentar la productividad del trabajo en un hospital y el segundo caso práctico, lo desarrollaron en la elección de proveedores en una fábrica de automóviles. En ambos casos, aplicaron el método VIKOR junto con la ayuda de un comité de investigadores expertos en el tema (Ver apartado 5.3 VIKOR, párr. 3) Para ambas investigaciones, adicionaron el método TOPSIS, con el fin de corroborar los resultados. Centrándonos en este punto, el primer caso fue considerado 100% satisfactorio, pues en la evaluación de ponderaciones de criterios y las calificaciones de proveedores, clasificaron igual tanto con VIKOR como con TOPSIS, siendo la mejor alternativa exactamente la misma. Pero el segundo caso, finalizó con cierto grado de incertidumbre, debido a las diferencias de los resultados en la aplicación del método TOPSIS, dando una prioridad más alta para otra alternativa. Los investigadores concluyeron que la principal razón por la que se provocó la inconsistencia fue que las dos ponderaciones tienen diferentes enfoques: por un lado, VIKOR se basa en una función de agregación que representa la distancia de la solución ideal, y, por el contrario, TOPSIS, se basa en la idea de que la alternativa óptima debería ser la más corta distancia de la solución ideal positiva.



Shi et. al. (2018), enfocaron su estudio en la selección de proveedores verdes, aplicado el método TOPSIS en una empresa de la industria agroalimentaria, con el fin de demostrar la practicidad y eficacia, y poder seleccionar al mejor proveedor ecológico, de acuerdo con este modelo. Tuvieron en cuenta los criterios de sostenibilidad, calidad, precio y nivel de servicio. Los investigadores concluyeron que el procedimiento de selección ayudó a la gerencia de la empresa en la clasificación de consenso de proveedores verdes, teniendo en cuenta todos los puntos de vista posibles; pero también encontraron varios puntos débiles, como la cantidad mínima de criterios que emplearon en su investigación, pudo haber arrojado un resultado muy superficial. Por otro lado, también firmaron que, con este método, la ponderación de los criterios las determina los responsables de la toma de decisiones, juicios subjetivos que pueden crear una clasificación con alto grado de incertidumbre.

Wang et. al. (2018), propusieron un modelo híbrido de métricas SCOR como primer filtro en la investigación y revisión bibliográfica; y MCDM, utilizando TOPSIS como método principal para hallar al proveedor óptimo, en empresas de la industria del gas y del petróleo. En esta investigación, inicialmente se apoyaron del método AHP para ponderar el peso de cada criterio, los cuales fueron calidad, responsabilidad, fiabilidad, eficiencia y costes. Luego, realizaron entrevistas en 10 empresas que consideraron óptimas bajo el primer filtro, con el fin de conocer más a fondo a cada una de ellas, evaluando otros criterios importantes tales como ubicación, tecnología, capacidad y tiempo de entrega, entre otros. Finalmente aplicaron TOPSIS, determinando al proveedor óptimo. Como conclusión, los interesados afirmaron que es de gran importancia utilizar dichos métodos a la hora de evaluar proveedores, y ser más competitivos, pero a la vez, también dejan que esto no deja de ser un proceso subjetivo o limitado por el factor humano.

Para Gündüz & Gündüz (2019), en el sector de la moda, las condiciones del mercado son muy inestables, y seleccionar al proveedor adecuado, se convierte en una necesidad. Es por esto por lo que optaron por evaluar el desempeño de cuatro alternativas de proveedores para una empresa de fabricación textil, teniendo en cuenta a 11 criterios, entre algunos de ellos la calidad, el tiempo de entrega, el costo, la tecnología, el pago adeudado, la flexibilidad, etc.; por medio del método TOPSIS. Como resultados, este método les proporcionó mediciones más

precisas, en especial, en los casos en que se produjeron puntuaciones muy similares entre las alternativas.

Petrović et. al. (2019), en su investigación, analizaron la selección de proveedores en el caso de la adquisición de componentes mecánicos para la empresa "Lagerton" en Serbia. Como métodos de decisión multicriterio, decidieron incluir SWARA, TOPSIS, ARAS y WASPAS, con el fin de comparar los resultados obtenidos, para ayudar a los gerentes a identificar el método apropiado en la selección de proveedores. Los principales criterios tenidos en cuenta fueron calidad, medio ambiente y la parte social de las empresas. Concluyeron que, todos los enfoques apuntaron al mismo proveedor como mejor alternativa, aunque hubo variaciones en las demás clasificaciones, las consideraron insignificantes. También afirmaron que, el hecho de emplear diferentes métodos MCDM en una actividad de elección, reduce la subjetividad de cada tomador de decisiones y también las posibilidades de cometer errores.

Ratna et. al. (2019), utilizaron un modelo híbrido del Análisis Relacional de Gray (GRA) y los métodos TOPSIS y AHP para la selección de proveedores en una empresa de la industria de la forja, en base a 6 criterios y 25 alternativas. En este estudio, utilizaron un modelo híbrido con GRA fue aplicado inicialmente para preseleccionar los criterios más importantes, reduciéndolos a cuatro. Posteriormente emplearon AHP para ponderar los pesos de los criterios (ver apartado 5.1 AHP, párr. 4). La selección final del proveedor lo hicieron mediante el método TOPSIS, la cual consideraron como la alternativa más próxima a una solución ideal. Los investigadores denominaron al método general empleado, como un modelo híbrido GRAPH-TOP (GRA+ AHP+ TOPSIS) que tuvo como objetivo solucionar el problema de selección del mejor proveedor, el cual, concluyeron como terminado y satisfactorio.

Wang et. al. (2020), sugieren un modelo de toma de decisiones para la evaluación y selección de proveedores de solventes de hexano, para la producción de aceite vegetal, mediante el método TOPSIS. Inicialmente, realizaron una evaluación preliminar, mediante entrevistas a expertos en el rubro de la alimentación, el cual determinaron a diez proveedores candidatos de selección. Dentro de los criterios definidos por expertos, se encuentran los factores financieros, la capacidad de entrega, la calidad y el sistema de gestión ambiental. Inicialmente emplearon el método AHP para determinar el peso de todos los criterios. Finalmente, los diez proveedores potenciales se clasificaron utilizando el modelo TOPSIS, con



## Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

---

lo cual, con este método determinaron al proveedor de solvente de hexano ideal. Como conclusión, afirmaron que el desarrollo de este trabajo les propuso una guía útil para los procesos de evaluación y selección de proveedores, que pondrán en práctica en otras industrias.

Chen C.-H (2020), optó por llevar a cabo un estudio orientado hacia el proceso de elección de proveedores en una compañía especializada en el ámbito de la construcción. Este análisis se efectuó empleando los enfoques TOPSIS y AHP como herramientas principales. Los criterios fundamentales considerados abarcaron la contentura con relación al producto, la capacidad innovadora en términos de suministro y el nivel de servicio. Chen propuso la combinación de TOPSIS y AHP para este caso, con el fin de proporcionar resultados eficaces en el momento en que los tomadores de decisiones se encuentren en un entorno con información insuficiente y una fuerte conciencia subjetiva. También se desarrolló un análisis de sensibilidad sistemático para verificar resultados, los cuales manifestaron como satisfactorios.

Ghosh et. al. (2021), emplean el método TOPSIS, para la gestión de la cadena de suministro verde y la selección de proveedores conscientes con el medio ambiente, para una empresa fabricante de automóviles. Inicialmente, los investigadores recopilaron información mediante la realización de encuestas y entrevistas con expertos de 5 empresas diferentes del sector automovilístico. Luego, desarrollaron el método TOPSIS para clasificar a los proveedores y analizar todos los parámetros identificados, de los cuales, identificaron el criterio “emisión de CO<sub>2</sub>” como el más influyente en el estudio, al igual que la “inversión en I+D” y la “generación total de residuos”. Finalmente, realizaron un análisis de sensibilidad con el fin de comparar los resultados. El resultado reveló al proveedor óptimo de acuerdo con los intereses de los investigadores, el cual tendría un efecto directo en la sostenibilidad general de la organización.

Haddad et. al. (2021), emplearon el método TOPSIS en la evaluación de tres proveedores, teniendo en cuenta cuatro criterios relacionados con la seguridad laboral, para una empresa del sector del petróleo y el gas. Los interesados encontraron en TOPSIS, un método versátil y adecuado para las licitaciones de contratación, en temas de seguridad laboral, con baja complejidad y mejor facilidad para los usuarios. También encontraron mayor agilidad y

efectividad en el proceso de selección de proveedores, en materia de gestión HSE. Finalmente concluyeron que el modelo empleado, fue adecuado para esta situación, dando resultados satisfactorios, disminuyendo la complejidad, la subjetividad y la incertidumbre en el proceso de decisión.

Gupta & Jayant (2021), realizaron un estudio de selección de proveedores con bajo índice de emisiones de carbono para una empresa del sector industrial, con el fin de facilitar las labores en los tomadores de decisiones y encargados de compras. Inicialmente, construyeron una lista de criterios, con sus respectivos pesos, por medio de encuestas y entrevistas a expertos en el área. Posteriormente, desarrollaron la técnica propuesta con los métodos DEMATEL, ANP y TOPSIS, con los cuales compararon los resultados obtenidos y lograr un estudio más completo. Usando los tres métodos, los interesados pudieron identificar al óptimo. Como criterios importantes, seleccionaron la reducción de costes, el control de la contaminación, la calidad del producto, los beneficios sociales, entre otros. Concluyeron un resultado satisfactorio.

Tirkolae et al. (2021) optaron por analizar y puntuar a los proveedores que se involucran en prácticas sostenibles para una empresa del ámbito agroalimentario situada en Irán, haciendo uso de los métodos de evaluación multicriterio TOPSIS y AHP. En la fase inicial, llevaron a cabo la implementación del método AHP con el propósito de determinar los pesos relativos de los distintos criterios. Posteriormente, se valieron del método TOPSIS para valorar la relevancia de cada proveedor en el proceso de suministro. Con el fin de validar la metodología propuesta, recurrieron al enfoque basado en la entropía de Shannon, logrando así verificar los pesos asignados a los criterios. La compañía interesada fue la responsable de llevar a cabo este estudio, el cual ejecutó bajo criterios económicos y ambientales, abordando la asignación de pedidos en proveedores múltiples. Al llegar a su conclusión, se encontró que la aplicación de esta metodología proporcionó una mejora en la eficiencia del proceso de selección de proveedores.

Marzouk & Sabbah (2021) plantearon un esquema de toma de decisiones fundamentado en indicadores sociales y sostenibles para una compañía del sector de la construcción. Inicialmente, llevaron a cabo entrevistas con especialistas de compras, con el propósito de establecer las ponderaciones de los criterios recolectados, mediante el empleo del método AHP.



## Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

---

Después, aplicaron la metodología TOPSIS para evaluar a los distintos abastecedores de la construcción en relación con los 3 criterios y 17 subcriterios identificados en la fase inicial. Por último, llevaron a cabo un análisis de sensibilidad para examinar las ponderaciones de los atributos en los proveedores seleccionados y asegurar los resultados obtenidos. En esta investigación, los interesados aplicaron TOPSIS por ser un método fácil, que considera las distancias hasta llegar a una solución ideal. En términos de resultados, los investigadores determinaron al mejor proveedor, con el mejor rendimiento en aspectos sociales sostenibles.

Liou et. al. (2021), emplearon los métodos multicriterio BWM y TOPSIS, junto con la integración del aprendizaje automático de la máquina de vectores de soporte (SVM), para la evaluación y selección de proveedores verdes en una empresa fabricante de productos ecológicos. Primero, los interesados utilizaron SVM para extraer los datos de los criterios principales, el cual determinó 13 criterios, siendo los más relevantes la gestión de operaciones, el control de la actividad productiva y la protección del medio ambiente. Luego, aplicaron BWM para ponderar los pesos de los criterios. Finalmente, integraron TOPSIS para analizar eficazmente los pros y los contras de cada proveedor y medir su desempeño para luego priorizarlos. Finalmente, integraron TOPSIS calificar a las alternativas. Se concluyó que la investigación fue objetiva y satisfactoria.

Hoseini et. al. (2022), propusieron un modelo combinado de los métodos TOPSIS para clasificar a los proveedores potenciales y BWM, para obtener el peso de los criterios, en una empresa de construcción. En ambas fases, contaron con opiniones de expertos en compras y construcción, para ponderar los criterios y obtener la importancia relativa de las alternativas en función de dichos criterios. Posteriormente, por separado, y de manera adicional, desarrollaron los métodos AHP en reemplazo a TOPSIS y el método de Ponderación Aditiva Simple en lugar de BWM, para corroborar resultados. Después de desarrollar ambos modelos combinados, determinaron que la clasificación final fueron similares, dando precisión de los resultados obtenidos.

Kumar et. al. (2022), realizaron un estudio sobre la selección de proveedores sostenibles para una fábrica de vehículos comerciales en India, en plena época del COVID-19, utilizando los métodos ANP para la clasificación de los criterios, siendo la integración de procesos el más

relevante; y TOPSIS, para la puntuación de los proveedores. Los investigadores concluyeron que la combinación de estos dos métodos fue óptima para encontrar al mejor proveedor, pues fueron técnicas simples, programables y fáciles de usar. Por otra parte, también desarrollaron el modelo de programación lineal mixto multi objetivo (MOMILP) para determinar la cantidad y la asignación de pedidos.

Sindhu et. al. (2022), propusieron una técnica de MCDM para tomar decisiones en la selección de proveedores en una empresa del sector de la construcción. La metodología sugerida se basó en el método TOPSIS para disminuir la incertidumbre de la información. Finalmente, se realizó un análisis de sensibilidad, para fortalecer el resultado obtenido a través del método propuesto. La investigación fue considerada por los interesados como satisfactoria.

Kumar & Adlakaha (2022), desarrollaron una metodología para seleccionar proveedores sostenibles para una fábrica de automóviles en India, mediante el método TOPSIS. Inicialmente, los investigadores reclutaron a expertos en la automoción, con el fin de determinar los criterios. Entre los más importantes, incluyeron la gestión de recursos naturales, el uso de energía sostenible, las emisiones de gases y la inversión social. Luego, identificaron alternativas apropiadas para obtener una ventaja competitiva en la gestión de la cadena de suministro verde. Kumar & Adlakaha determinaron el estudio como satisfactorio, sin embargo, concluyeron que el número de profesionales entrevistados fue poco y que esto pudo haber limitado la investigación, con lo cual, afirman requerir una investigación más longitudinal y empírica.

Caristi et. al. (2022) propusieron un modelo de toma de decisiones para facilitar la selección de proveedores en la industria de la moda en Vietnam. En el estudio, utilizando el modelo SCOR, iniciaron con una revisión bibliográfica sobre la selección de proveedores y criterios sostenibles. Incluyeron a todos los proveedores potencialmente eficientes y sostenibles. En segundo lugar, realizaron varias entrevistas y debates con expertos en el mundo de la moda, con el fin de seleccionar las diferentes alternativas. Posteriormente, aplicaron el método TOPSIS para la jerarquización y selección de los proveedores. Los investigadores concluyeron que el modelo aplicado de selección de proveedores en la industria de la moda es un tema poco investigado y propuesto, con lo cual, encontraron dicho estudio, un gran aporte metodológico y sostenible para la industria textil en Vietnam, que, además, es un tema de



investigación debatible y limitado en la actualidad. Por otra parte, afirmaron que se necesitan más estudios empíricos sobre este tema para validar si es factible o no el modelo aplicado.

Afrasiabi et. al. (2022) propusieron un modelo combinado entre TOPSIS y BWM con el fin de seleccionar proveedores sostenibles en una compañía de la industria manufacturera en Irán. Mediante una revisión exhaustiva de la literatura, y diferentes entrevistas a expertos, los interesados identificaron los principales criterios sostenibles, agrupándolos en cuatro categorías predominantes (económica, medioambiental, social y resiliente). El método TOPSIS intervino junto con el análisis relacional de tipo gris, para evaluar a los proveedores. La función del método BWM se encuentra en el apartado 5.4, párr. 7. La investigación fue considerada satisfactoria.

### 5.3. VIKOR

Debido a los cambios ambientales y el incremento de la demanda en los clientes; Alimardani et. al. (2013), consideraron que SWARA y VIKOR, son los métodos adecuados para la selección de proveedores, que puedan cumplir con los estándares del mercado, en una fábrica de automóviles, enfocándose en los criterios rendimiento, coste, flexibilidad y tecnología. En la aplicación de ambos métodos, utilizaron SWARA para extraer las ponderaciones de los criterios que VIKOR necesitaba. Posteriormente, estos resultados fueron usados como ponderaciones de entrada, para terminar la investigación, por medio de VIKOR. Como resultado, concluyeron que ambos métodos fueron influyentes, para clasificar las alternativas y seleccionar al proveedor.

Girubha et. al. (2016), aplicaron el primer grupo, conformado por los métodos ISM, ELECTRE II y ANP, y posteriormente, el grupo 2, con los métodos VIKOR, ISM y ANP, para resolver problemas de selección de proveedores sostenibles, en una fábrica de interruptores electrónicos, teniendo en cuenta 22 criterios para cada alternativa. Dentro del proceso de implementación de prácticas de producción sostenible, la organización está interesada en evaluar el desempeño del proveedor hacia la sostenibilidad. Como resultados, descubrieron que, con ELECTRE II, obtuvieron una solución única del proveedor 2; mientras que con VIKOR, el proveedor 1 y 2, resultaron ser los mejores proveedores. Finalmente, los

investigadores concluyeron que, VIKOR es un método de clasificación que puede dar como resultado a más de una solución; en este caso, un proveedor alternativo, con lo cual, consideran este grupo de métodos viable.

Zhao et. al. (2017), abordaron su investigación, con dos ejemplos prácticos. El primer caso trató sobre la evaluación y selección de un proveedor de sistemas de información, con el fin de aumentar la productividad del trabajo en un hospital; considerando el método VIKOR para el desarrollo de este y los criterios funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, mantenibilidad y precio. Por otra parte, el segundo caso práctico, lo llevan a cabo en la estrategia de elección de proveedores, en una fábrica de automóviles, teniendo en cuenta criterios calidad, coste y satisfacción al cliente. También se aplicó el método VIKOR, junto con la ayuda de un comité de investigadores expertos en el tema. Para ambas investigaciones, adicionaron el método TOPSIS, con el fin de corroborar los resultados. El primer caso fue considerado 100% satisfactorio, pues ambas mejores alternativas fue la misma, pero el segundo finalizó con cierto grado de incertidumbre, debido a las diferencias de resultados en la aplicación del método TOPSIS (ver apartado 5.2 TOPSIS, párr. 3). Los investigadores concluyeron que el método VIKOR fue ideal y útil para los casos estudiados y en una futura investigación, se plantearon el método DEMATEL, como propuesta alternativa de selección de proveedores.

Bahadori et. al. (2017), en su investigación, tuvieron como objetivo proporcionar un modelo para seleccionar el mejor proveedor en un hospital militar, usando el método multicriterio VIKOR, combinado con una red neuronal artificial. Inicialmente, eligieron a los seis criterios más importantes, por medio de la recolección y registro de datos de expertos hospitalarios. Las valoraciones de las alternativas realizadas por los criterios elegidos fueron las entradas del modelo de red neuronal, en cual, el criterio 'calidad' fue el que tuvo mayor peso. Finalmente, emplearon VIKOR, para priorizar a los proveedores que proporcionaron un bien de consumo médico para el hospital, en donde se seleccionó al mejor.

Safari et. al. (2018), escogen el método VIKOR, para evaluar a 18 proveedores, de acuerdo con los criterios de coste del transporte, precio, reputación, envíos por mes, distancia, puntualidad, y eficiencia, para una empresa del sector industrial. Consideraron que VIKOR fue un instrumento eficaz en la toma de decisiones, que proporcionó una solución de



compromiso aceptable en la selección de los proveedores y que ofreció una máxima utilidad grupal y mínimo arrepentimiento individual.

Khan & Yousaf (2021), basaron su estudio en la selección de proveedores sostenibles para una empresa de alimentación en Pakistán. Inicialmente, realizaron estudios a diferentes expertos de las cadenas de suministro en frío y agroalimentarias, por medio de cuestionarios y entrevistas, con el fin de definir los pesos a los quince criterios relacionados con la sostenibilidad. Posteriormente, los expertos calificaron ocho alternativas según su importancia de dichos criterios, por medio del método multicriterio VIKOR. Finalmente, seleccionaron al mejor proveedor en criterios sostenibles y sociales en el contexto de Pakistán. También consideraron al método propuesto como eficaz y satisfactorio.

Arani et. al. (2022), decidieron aplicar un modelo de toma de decisiones para la selección de proveedores sostenibles en una empresa de la industria automotriz en Irán, utilizando los métodos DEMATEL, ANP y VIKOR. En primera instancia, los interesados hicieron un análisis exhaustivo de la literatura, con el fin de seleccionar a los criterios más relevantes. Luego, para el cálculo de los pesos y la selección final, aplicaron los métodos y realizaron las respectivas comparaciones de resultados. La investigación priorizó la sostenibilidad de los proveedores, siendo ésta considerada como satisfactoria.

Amiri et. Al. (2022) plantearon la selección de proveedores sostenibles dirigido a una planta de envases de aluminio en Irán. Inicialmente, aplicaron el modelo AHP con el propósito de ponderar los valores de los criterios, mientras que VIKOR lo emplearon para la clasificación de los proveedores. Finalmente, los interesados consideraron la investigación como satisfactoria y beneficiosa en términos de sostenibilidad.

#### 5.4. BWM

Jafarzadeh et. al. (2019), abordaron el problema de selección de un proveedor sostenible en la industria de las semillas oleaginosas, dentro de la cadena de suministro de alimentos, por medio del método BWM. En esta ocasión, los interesados quisieron emplear en su estudio, una combinación de diferentes funciones de valor, incluidas funciones de valor simples,

exponenciales y de valor lineal por partes, dentro del método BWM, en lugar de utilizar únicamente las funciones de valores lineales monótonas simples (que suelen ser las más habituales dentro de dicho método), como estrategia para cubrir en gran medida, las preferencias del tomador de decisiones y determinar la clasificación final de manera más clara y más confiable. Concluyeron que, esta metodología fue óptima y necesaria para abordar adecuadamente el objetivo final de la decisión.

Yazdani et. al. (2020), propusieron un modelo integrado de toma de decisiones para la selección de proveedores de un hospital en España y para la solución del problema de compras públicas, teniendo objetivos de sostenibilidad; basados en los métodos DEMATEL y BWM para la determinación del peso de los criterios y EDAS, para la clasificación de los proveedores. También soportaron la investigación por medio de entrevistas y reuniones con especialistas del hospital, en donde descubrieron que los suministros ortopédicos son los que tienen más demanda en los diferentes proveedores. Esta investigación la consideraron satisfactoria, pues determinaron soluciones frente a problemas de gestión sanitaria, ya estas decisiones tomadas, tienen influencias sobre el estado general de los sistemas médicos y la calidad de los servicios de salud junto con muchas cuestiones económicas asociadas.

Haseli et. al. (2021), desarrollaron una investigación con dos ejemplos numéricos de la literatura en la gestión de la cadena de suministro, para la toma de decisiones en la selección de proveedores ecológicos, utilizando el método multicriterio BWM. En ambos estudios, aplicaron los mismos siete criterios, relacionados con la innovación sostenible, tales como las colaboraciones ambientales, las inversiones ecológicas, los recursos sostenibles, la gestión ambiental, la I+D, las compras ecológicas y el cumplimiento de las obligaciones reglamentarias. Finalmente concluyeron que el método propuesto, fue mucho más fácil de usar y más eficiente que otras técnicas basadas en matrices como AHP. Los estudios revelaron un resultado con alta relación de consistencia y confiabilidad.

Liou et. al. (2021), aplicaron los métodos multicriterio BWM y TOPSIS, junto con la integración del aprendizaje automático de la máquina de vectores de soporte (SVM), para la evaluación y selección de proveedores verdes en una empresa fabricante de productos ecológicos. Primero, los interesados utilizaron SVM para extraer los datos de los criterios principales, el cual determinó 13 criterios, siendo los más relevantes la gestión de operaciones,



## Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

---

el control de la actividad productiva y la protección del medio ambiente. Luego, aplicaron BWM para ponderar los pesos de los criterios, en donde los decisores determinaron el mejor y el peor criterio. Se concluyó que la metodología empleada, especialmente, en la elección de los criterios, fue muy objetiva, lo que disminuyó sesgos y errores humanos, con lo cual, la investigación se consideró satisfactoria.

Hoseini et. al. (2022), con el fin de mejorar el sistema de selección de proveedores en una empresa dedicada a la construcción, propusieron un modelo combinado de los métodos BWM, para obtener el peso de los criterios y la técnica TOPSIS, para clasificar a los proveedores potenciales. En ambas fases, contaron con opiniones de expertos en compras y construcción, para ponderar los criterios y obtener la importancia relativa de las alternativas en función de dichos criterios. Posteriormente, por separado, y de manera adicional, aplicaron los métodos AHP en reemplazo a TOPSIS y el método de Ponderación Aditiva Simple en lugar de BWM, para ponderar los criterios, esto con el fin de comparar resultados finales y obtener mayor grado de confianza. Después de desarrollar ambos modelos combinados, determinaron que la clasificación final fueron similares, dando precisión de los resultados obtenidos.

Boz et. al. (2022), tuvieron que implementar un modelo de selección de proveedores sostenibles para un hospital, debido a la pandemia de COVID-19 y todos los efectos que ésta trajo en la gestión de la cadena de suministro. Primero, realizaron una revisión exhaustiva de la literatura y entrevistas con expertos, para determinar los criterios. Luego, aplicaron el método BWM para ponderar los pesos de los criterios seleccionados, los cuales determinaron que “control de la contaminación de procesos”, “políticas comerciales”, “formación de recursos humanos” eran los más importantes en la selección de proveedores verdes. Luego, utilizaron el método ARAS para clasificar a los proveedores. Además, realizaron un análisis de sensibilidad para comprobación de resultados. Finalmente, la investigación fue considerada como óptima, aunque con varias limitaciones debido a un suceso cambiante y evolutivo como lo es la pandemia del COVID-19. Ante esto, no descartaron que el estudio realizado se deba actualizar o modificar por completo.

Afrasiabi et. al (2022), desarrollaron un método híbrido toma de decisiones para seleccionar proveedores sostenibles para una empresa del sector industrial en Irán. Primero,

junto con un grupo de expertos en selección de proveedores y una extensa revisión bibliográfica, identificaron los principales criterios sostenibles, categorizándolos en cuatro principales (económico, ambiental, social y resiliente). Luego, utilizaron el método BWM para determinar a los mejores y peores criterios, calculando el peso de cada uno. Los resultados obtenidos en el estudio mostraron que el sistema de gestión ambiental, el control de la contaminación y la conciencia de riesgo fueron los criterios más relevantes. Finalmente, los interesados consideraron realizar un análisis de sensibilidad para validar los resultados obtenidos. La investigación fue considerada satisfactoria.

### 5.5. OTROS

Dey et. al. (2012), resolvieron un problema de investigación en la selección de proveedores, para una obtener una óptima gestión en la cadena de suministro, aplicando el método MOORA, teniendo en cuenta, los criterios de calidad, reputación, tiempo de entrega y precio. Dentro del estudio, los autores requieren seleccionar la ubicación de un almacén, y elegir a los proveedores; para luego, comparar con sus métodos empíricos e investigaciones hechas anteriormente (en el cual, habían empleado AHP y TOPSIS). Como conclusión, deducen que, en los tres métodos, el mejor y peor proveedor, coinciden; pero en los proveedores intermedios, encuentran diferencias. También afirman que la implementación del método multicriterio MOORA es una herramienta estratégica, con resultados positivos.

Yasdani et. al. (2016), para darles más importancia y cumplimiento al cliente, consideraron seleccionar proveedores de acuerdo con los métodos de decisión multicriterio SWARA y WASPAS; junto con el modelo QFD (despliegue de la función calidad); esto con el fin de optimizar la gestión de las operaciones, dentro de una de las empresas más importantes del Medio Oriente, que opera en la industria del acero inoxidable. El criterio con mayor importancia, considerado en esta aplicación, fue la estabilidad financiera del proveedor.

Lau et. al. (2017), desarrollaron un estudio, aplicando los métodos TOPSIS y ELECTRE, para analizar el desempeño de los proveedores de alimentos frescos en una cadena internacional de supermercados. Esta investigación tuvo como criterio principal, la seguridad alimentaria, por lo cual, en la primera etapa emplearon el método ELECTRE, para descalificar a los proveedores que no alcanzaran un mínimo de puntuación en este criterio. Consideraron a



## Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

---

este método el mejor para esta tarea, debido a su adaptabilidad para resolver este tipo de problemas con datos e información a gran escala. Esta fase investigativa fue determinada como la más importante de todo el proceso, pues se debía evitar en todo lo posible los altos riesgos alimentarios y al mismo tiempo, maximizar el desempeño general de la cartera de proveedores. En la segunda etapa del proceso, evaluaron con el método TOPSIS, dando el orden de clasificación de los mejores proveedores de acuerdo con sus puntajes en los criterios seguridad alimentaria, precio, calidad, embalaje, transporte y control (ver apartado TOPSIS 5.2, párr. 2). Los investigadores concluyeron la investigación como satisfactoria.

Wang et. al. (2017), desarrollaron un estudio sobre la aplicación del método QUALIFLEX, junto con el modelo de la nube, para evaluar el comportamiento sostenible de una empresa de fabricación de automóviles en Shanghai, China; enfocados en los criterios de sostenibilidad y economía. Inicialmente, los investigadores analizan el rendimiento de los proveedores verdes por medio del modelo de la nube, luego, la adquieren los pesos de los criterios, por un modelo de la programación lineal, y finalmente, determinan la puntuación y la clasificación de alternativas con el método QUALIFLEX. Como conclusiones, afirmaron que, el método propuesto fue adecuado para seleccionar proveedores verdes, preferiblemente con un gran número de criterios, pero alternativas limitadas.

Stević et. al. (2018), emplearon los métodos EDAS y DEMATEL para la selección de proveedores en una constructora. También realizaron una extensión de los métodos COPRAS y MOORA por números aproximados en este estudio, teniendo en cuenta los criterios de calidad del material, precio, certificación de los productos, plazo de entrega, reputación, descuentos por volumen, período de garantía, fiabilidad y forma de pago. Con el uso de los números aproximados, descubrieron hallazgos internos para la puntuación del valor de los atributos, eliminando la subjetividad, los supuestos y los parámetros adicionales/externos, solo se utilizaron los datos proporcionados. También concluyeron que los modelos propuestos ayudaron en el campo de la selección de proveedores para la gestión de la cadena de suministro. Tanto EDAS como DEMATEL, permitieron evaluar a todas las alternativas, generando resultados similares, a pesar de la imprecisión y falta de información cuantitativa presente en dicha investigación.

Fei et. al. (2019), escogieron el método ELECTRE, y la teoría de Dempster-Shafer, para evaluar de diferentes expertos, 5 alternativas de proveedores para una empresa de la industria petroquímica, teniendo en cuenta a 5 criterios, la calidad, cooperación, desempeño, factor de riesgo, y precio/coste. Los interesados aplicaron ambos métodos de forma paralela, con el fin de la investigación fuese más racional y eficiente. Los resultados indicaron que ambos métodos informaron a los interesados, sobre el mismo proveedor como la mejor alternativa, lo que demostró la viabilidad de la investigación. Concluyeron que, la combinación del método DST y ELECTRE fue ventajoso, y con mayor potencial, lo que proporcionaría una metodología eficaz para problemas de MCDM.

Matic et. al. (2019), estudiaron la selección de proveedores verdes, para una empresa dedicada a la construcción, en base a 21 criterios, de clase económicos, sociales y ambientales. Para dicho estudio, dividido en dos fases, inicialmente decidieron incluir en la determinación del peso de cada criterio, el método FUCOM y para evaluar las alternativas, el método COPRAS. Después de evaluar la importancia de los criterios y las alternativas, realizaron un análisis de sensibilidad, en donde emplearon los métodos ARAS, WASPAS, SAW y MABAC. Para esta investigación, contaron con expertos y profesionales en ingeniería civil, a los cuales entrevistaron y procesaron información agregada para una mayor precisión. Por último, concluyeron que la investigación fue realmente útil, obteniendo resultados satisfactorios, y a su vez, propusieron un futuro desarrollo de investigación del método FUCOM junto con la Teoría Gris.

Lian & Chong (2019), desarrollaron un modelo de decisión grupal para la selección de proveedores verdes y la gestión de contrataciones, para el proyecto del puente Hong Kong-Zhuhai-Macao, en China, utilizando el método QUALIFLEX. Por medio de una licitación abierta, contaron con un grupo de expertos en ingeniería de puentes, para evaluar a los candidatos, de los cuales, sólo cuatro cumplieron con los requisitos y documentos mínimos exigidos en dicha licitación. Para este estudio, consideraron 9 criterios sostenibles, tales como el control de polución, competencias verdes, diseño ecológico, sistema de gestión ambiental, entre otros. Los investigadores concluyeron que, frente a este megaproyecto de alta complejidad, pudo abordarse de manera satisfactoria el enfoque propuesto, dando resultados óptimos en la selección de proveedores, pero a la vez, enfatizaron que, en estos trabajos, el



## Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

---

sesgo humano inherente y el juicio subjetivo, puede dar un porcentaje mínimo de vacíos e incertidumbre.

Kaviani et. al. (2020), analizaron diferentes alternativas de proveedores, para la industria del petróleo y el gas. Inicialmente, se apoyaron en la Teoría Gris, para ayudar evaluar los 16 criterios disponibles y determinar los más importantes. Con esta teoría, abordaron la subjetividad y la incertidumbre en los juicios humanos. Posteriormente, emplearon el método de decisión multicriterio EDAS, con el fin de determinar la clasificación de los proveedores. Con dicho método, incluyeron cuatro criterios finalistas: el tiempo de experiencia, la cercanía con los clientes, el nivel técnico del proveedor y los riesgos, que se consideran los criterios más influyentes para la evaluación de proveedores. Finalmente, concluyeron que, fue posible obtener un ranking de los proveedores confiable, determinando al mejor proveedor.

Ziquan et. al. (2021), investigaron sobre la toma de decisiones en la selección de proveedores de acero, en una empresa de construcción naval con sede en Shanghái, en base a los métodos SWARA y COPRAS. Los criterios tenidos en cuenta en la evaluación fueron el precio, la calidad, la logística, el nivel de servicio y el nivel de riesgo. En primer lugar, los interesados otorgaron los pesos a cada alternativa por medio del método intuicionista SWARA. Posteriormente, clasificaron y evaluaron a los proveedores mediante COPRAS, para finalmente, seleccionar al mejor. Los investigadores concluyeron que el método de toma de decisiones multicriterio empleado en esta ocasión fue efectivo y estable para la empresa de construcción naval.

Ghosh et. al. (2021), desarrollaron una investigación sobre la selección de proveedores en una empresa de automoción, cuyas prioridades, fuesen el buen desempeño en la gestión de la cadena de suministro verde. En este estudio, se tuvieron en cuenta seis criterios sostenibles en cada una de las alternativas, tales como la inversión en responsabilidad social, la investigación y desarrollo, el uso de energía renovable, el consumo total de energía, la generación total de residuos y las emisiones de dióxido de carbono, siendo este último, el parámetro más influyente. El método utilizado fue COPRAS, aunque también emplearon el Análisis Relacional de Gray (GRA) como alternativa de comparación entre resultados finales. Finalmente, los investigadores concluyeron que, la metodología propuesta fue fácil y completa

para el estudio de abastecimiento en el área sostenible. Ambos métodos dieron el mismo resultado, y fue considerado eficiente y satisfactorio.

Puška et. al. (2021), con el fin de resolver la toma de decisiones en la selección de proveedores sostenibles para una empresa agrícola y mejorar el desempeño de la organización interesada, emplearon el método multicriterio MABAC, logrando determinar al proveedor que más aplicaba la sustentabilidad en su negocio. Inicialmente, se identificaron proveedores claves, por medio de entrevistas y charlas con los directivos de estas farmacias agropecuarias. Posteriormente, los investigadores eligieron a seis proveedores finalistas. También se demostró que criterios económicos fueron los más importantes en la investigación, es decir, el precio y la calidad fueron los factores decisivos tenidos en cuenta para elegir entre los seis proveedores, mientras que los criterios medioambientales quedaron en un segundo plano. Finalmente, eligieron al proveedor, dando el estudio como satisfactorio.

Lo et. al. (2021), propusieron un enfoque de toma de decisiones basados en el método ITARA, para la selección de proveedores sostenibles y la planificación del transporte en la gestión de la cadena de suministro. Los interesados eligieron los criterios de proveedores por medio de revisiones bibliográficas, realizadas por los gerentes de la empresa. En total, determinaron 20 criterios clasificados en cuatro dimensiones que fueron la sostenibilidad económica, ambiental, social e institucional. Con este método, los tomadores de decisiones obtuvieron los pesos de dichos criterios y finalmente, seleccionaron a los proveedores considerados excelentes y determinaron la distribución logística para la gestión de la cadena de suministro.

Lopes & Rodriguez-Lopez (2021), utilizaron el método PROMETHEE para clasificar y seleccionar proveedores para una empresa agroalimentaria en Portugal. Se requería comprar materias primas de frutas frescas de varios proveedores, con lo cual, los criterios más relevantes en el estudio fueron la calidad, el precio, la flexibilidad y el nivel de servicio. La investigación determinó al proveedor con el ranking más alto, con una posición fuerte en criterios sociales y económicos, pero ausencia en el área ambiental. Posteriormente, se utilizó el software visual PROMETHEE-GAIA para interpretar el ranking de proveedores. Las investigadoras concluyeron que el método aplicado fue óptimo, pero los criterios relevantes por parte de gerencia fueron débiles, ya que los ambientales no fueron considerados.



## Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

---

Mohammed et. al. (2021), desarrollaron un modelo híbrido para la selección de proveedores en una fábrica de acero, basados en la resiliencia a posibles interrupciones imprevistas (tales como tsunamis, huelgas, inundaciones, etc.), siendo este factor importante para los interesados. Para ello, después de un análisis literario y varias entrevistas a expertos, los investigadores aplicaron DEMATEL como principal método, con el cual, ponderaron el peso de todos los criterios tradicionales y resilientes, el cual determinaron que los criterios “confianza”, “costes” y “flexibilidad” fueron los más relevantes. A esto le siguió la aplicación de los métodos MABAC, TOPSIS, VIKOR junto con el análisis de calificación de competitividad operativa (OCRA) para medir el desempeño y la clasificación de los proveedores. Con esta metodología empleada, los interesados lograron resolver un problema real de abastecimiento y preparar una gestión de la cadena de suministro ante las amenazas disruptivas.

Debido a la crisis de la pandemia del COVID-19 y las altas demandas de mascarillas y protectores faciales, los hospitales han tenido que hacer un mayor esfuerzo en el abastecimiento y la gestión de la cadena de suministro, con el fin de evitar la escasez de dichos artículos y prevenir la propagación del virus. Por lo anterior, Pamucar et. al. (2022), emplearon los métodos MACBETH y CODAS, para abordar el problema de selección de proveedores en esta pandemia del COVID-19, en un hospital de Estambul. A causa de la incertidumbre y la falta de información, los investigadores realizaron extensas pruebas de análisis de sensibilidad en función a la toma de decisiones, previamente a la aplicación de MACBETH y CODAS, con el fin de realizar comparaciones y obtener resultados más acertados. Pese a que los investigadores determinaron al mejor proveedor, en criterios de salud laboral y generación de empleo; también consideraron que fue una investigación limitada a los cambios situacionales en el día a día, y que, por lo tanto, los impactos futuros podrían cambiar el sentido de las decisiones tomadas.

Sarwar et. al. (2022), estudiaron un caso de selección de proveedores en una fábrica industrial, mediante el método PROMETHEE, con el fin de disminuir la subjetividad y la dependencia de los juicios de los expertos en la toma de decisiones. El método desarrollado se empleó de manera efectiva para clasificar las alternativas de proveedores según los criterios dados, tales como costes, calidad del producto, capacidad de transmisión y reputación. Los

investigadores concluyeron que, con este método, se pudo escoger de manera eficiente a los mejores proveedores para maximizar el proceso de producción y reducir las pérdidas.

Liu et. al. (2022), introdujeron el método EDAS junto con el Conjunto de Pitágoras, para resolver el problema de la selección de proveedores sostenibles y circulares, en una empresa del sector manufacturero. En primer lugar, se realizó una recopilación de datos, empleando el Conjunto de Pitágoras, por parte de varios expertos en toma de decisiones, en donde determinaron 20 alternativas y 20 criterios de evaluación, entre los más relevantes, la innovación en tecnología verde, la divulgación de información, el uso de materiales nocivos, el control de la contaminación, etc. En segundo lugar, calcularon los pesos de cada criterio y aplicaron el método EDAS, para la evaluación y clasificación de los proveedores. Finalmente, los interesados concluyeron que la metodología aplicada tuvo una excelente eficacia y confiabilidad, aunque encontraron como debilidades que el modelo solo considera valores de ponderación objetiva para definir las alternativas y, por otra parte, la consistencia de los valores no se repara sistemáticamente.

Agrawal (2022), propuso una investigación sobre tres casos diferentes sobre toma de decisiones en la selección de proveedores, resueltos por otros autores y con la técnica del análisis envolvente de datos; aplicando PROMETHEE II, con el fin inspeccionar más a fondo con respecto a la utilidad y la eficiencia y también incorporar requisitos adicionales en industria como la sostenibilidad. Agrawal determinó que la clasificación los proveedores sería casi la misma en el Caso 1, y el Caso 3 (ligera diferencia en algunos casos), mientras que la clasificación en el Caso 2 fue la misma en ambas situaciones. El investigador concluyó que las pequeñas diferencias en el orden de clasificación, puede ser por diferentes técnicas del proceso de normalización. También afirmó que el método PROMETHEE es más fácil de entender y, por lo tanto, se concluyó que este enfoque se puede utilizar con éxito.

Mohammed et. al. (2021), desarrollaron un modelo híbrido para la selección de proveedores en una fábrica de acero, basados en la resiliencia a posibles interrupciones imprevistas (tales como tsunamis, huelgas, inundaciones, etc.), siendo este factor importante para los interesados. Para ello, después de un análisis literario y varias entrevistas a expertos, los investigadores aplicaron DEMATEL como principal método, con el cual, ponderaron el peso de todos los criterios tradicionales y resilientes, el cual determinaron que los criterios



## Capítulo V: Resultados y discusiones de la aplicación de MCDM en la selección de proveedores

---

“confianza”, “costes” y “flexibilidad” fueron los más relevantes. A esto le siguió la aplicación de los métodos MABAC, TOPSIS, VIKOR junto con el análisis de calificación de competitividad operativa (OCRA) para medir el desempeño y la clasificación de los proveedores. Con esta metodología empleada, los interesados lograron resolver un problema real de abastecimiento y preparar una gestión de la cadena de suministro ante las amenazas disruptivas.





## 6. Capítulo VI: Estudio económico

## 6.1. Introducción

El presente trabajo consistió en un análisis bibliográfico sobre la aplicación de MCDM en la para la selección de proveedores de diferentes sectores económicos/industriales. Al ser un estudio de carácter investigativo, no hubo grandes costes para llevarlo a cabo, pero sí de recursos empleados, los cuales se detallarán a continuación.

## 6.2. Jerarquía del proyecto

Las personas que forman parte del equipo para llevar a cabo este proyecto investigativo son las siguientes:

- Director
- Responsable de investigación
- Administrativo

Dichos colaboradores establecen una función de acuerdo con su perfil profesional, con una jerarquía existente, evidenciado en la Ilustración 20:



Ilustración 20 Jerarquía organizacional

El director, tuvo como funciones principales la planificación del proyecto, así como la aprobación de su viabilidad y del presupuesto para ser llevado a cabo; el análisis en cada fase del proyecto en cuanto a riesgos, calidad, tiempo y costes; supervisión y



asignación de tareas a la técnica especialista, comunicación del estado del proyecto y estructuración de sus planes de mejora.

La técnica especialista tuvo como principales funciones la ejecución técnica del proyecto, la investigación de los diferentes artículos y bibliografías, la identificación de los MCDM en la selección de proveedores en los últimos diez años, los retos a los que se encuentran las organizaciones, entre otros; además de la redacción de todas las fases del desarrollo de éste, corrección de tareas asignadas por el director y presentación del proyecto.

Y, por último, la administrativa, que desempeñó su colaboración en la redacción de la memoria, la realización de las compras de suministros, recepción de emails y llamadas, manejo de la documentación y demás requerimientos de la técnica especialista.

### **6.3. Fases de desarrollo**

Para indicar el tiempo empleado a lo largo de esta investigación, se estableció un cronograma laboral, dividiendo las actividades según los capítulos en los que estuvo estructurada, como se observa en la Tabla 3. La totalidad del proyecto se ejecutó durante un período de 113 días. Es importante resaltar que este estudio inició a mediados de mayo de 2022 y estuvo ejecutándose hasta septiembre de 2022, retomando la actividad para disposiciones finales en septiembre de 2023.

A continuación, se presenta de manera detallada en la Tabla 3, las fases que se llevaron a cabo en la investigación, con sus respectivas actividades:

# ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LA APLICACIÓN DE MCDM EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES

Tabla 3 Programación de la investigación

Actividades		Mayo	Junio.22				Julio.22				Agosto.22				Septiembre.22			Septiembre 23	
		Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 2	Semana 3
Planificación	Definición del tema de investigación	23-may																	
	Revisión literaria	24-may																	
	Definición de estructura y objetivos	25-may																	
Búsqueda bibliográfica	Búsqueda de información	25 may-31 may-22																	
	Exploración de bases de datos		02 jun-08 jun-22																
	Definición del marco teórico			09 jun-15 jun-22															
Análisis bibliográfico	Síntesis y clasificación de información				16 jun-21 jun-22														
	Elaboración de revisión bibliográfica					22 jun - 14 jul-22													
Realización del informe final	Documentación de resultados					15 jul-13 sep-22													
	Estudio económico															14 sep-17 sep-22			
	Conclusiones y recomendaciones														18 sep-23 sep-22				
Presentación	Entrega de documentación																	07-sep-23	
	Presentación del TFM																		14-sep-23



## 6.4. Estudio económico

### 6.4.1. Horas efectivas anuales

Inicialmente, se deben establecer los costes de las horas laborales del personal. En este proyecto, participaron un director, una especialista técnica en investigación y una administrativa. Para esto, es importante establecer las horas efectivas anuales, con el fin de precisar mejor el estudio económico. (Ver Tabla 4).

Tabla 4 Días efectivos anuales

Concepto	Días
Año/días	365
Sábados y domingos	104
Días de vacaciones y festivos	32 días
Enfermedad	15 días
Cursos de formación	4 días
<b>Total estimado días laborales</b>	<b>210 días</b>
<b>Total estimado en horas/día</b>	<b>1680 horas</b>

Tabla 5 Semanas efectivas anuales

Concepto	Días
Año medio (semanas)	52
Vacaciones y festivos	5
Enfermedad	2
Cursos de formación	1
Total semanas	44

## ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE LA APLICACIÓN DE MCDM EN LA SELECCIÓN DE PROVEEDORES

Para llevar a cabo la investigación, se consideró la contratación de un ingeniero de organización, que desempeñó la función de director de proyecto. También se contó con la colaboración de una especialista técnica para la ejecución del proyecto, y una administrativa para la realización de informes. El coste por hora y semanal está reflejado en la Tabla 6.

Tabla 6 Coste de los profesionales

Concepto	Director	Especialista técnica	Administrativa
Sueldo	53.421 €	31.245 €	18.524 €
Seguridad Social (35%)	18.697 €	10.936 €	6.483 €
Total:	72.118 €	42.181 €	25.007 €
Coste horario:	42,93 €	25,11 €	14,89 €
Coste Semanal:	1.639,05 €	958,65 €	568,35 €

### 6.4.2. Cálculo de amortizaciones

Dentro del equipo informático tangible utilizado para este proyecto, se encuentran un HP NoteBook 15s- fq1802no Core i5-1005g1 8GB 500 GB SSD, por un valor de 655,90 € con IVA incluido; un portátil Lenovo Yoga Slim Pro 14IAP7 14" (GB 512 GB, con un valor de 815, 41 € y una impresora multifunción HP LaserJet M140we, por un valor de 129 € con IVA incluido. Por otra parte, como activo intangible, se encuentra el software Microsoft Office Profesional 2019, por un valor de único pago de 149,99 €.

Para el cálculo de las amortizaciones, se calcula en cada equipo de acuerdo con los días naturales, y se emplea el método lineal, siendo este el más común, cuya fórmula es la siguiente:

$$Anualidad = \frac{Valor\ de\ la\ adquisición}{No.\ de\ años\ vida\ útil}$$

Se consideran 3 años de vida útil debido a los rápidos cambios y obsolescencia de los equipos informáticos, con un valor residual nulo. En la Tabla 7, se presentan los valores de amortización:



Tabla 7 Cálculo de amortizaciones

Concepto		Coste
HP NoteBook 15s- fq1802no Core i5-1005g1 8GB 500 GB SSD		655,90 €
HP LaserJet M140we		129 €
Microsoft Office Profesional 2019		149,99 €
Portátil Lenovo Yoga Slim Pro 14IAP7 14" (GB 512 GB		815,41 €
<b>Total a amortizar</b>		<b>1.750,30 €</b>
Tipo	Número	Amortización
Semanal	33,66	11,22 €
Diaria	4,80	1,60 €
Horaria	0,60	0,20 €

### 6.4.3. Coste de material consumible

A continuación, se presentan los costes de los materiales consumibles que fueron necesarios para el desarrollo de esta investigación. Se incluyen las estimaciones de los materiales para el equipo de trabajo. Al sumar el total, se obtiene el coste anual, el diario y el horario efectivos. (ver Tabla 8)

Tabla 8 Coste del material consumible de la investigación

Concepto	Coste
Suministros para la impresora	150 €
Post it	8 €
Otros suministros de papelería	80 €
<b>Coste total anual</b>	<b>238 €</b>
<b>Coste total diario</b>	<b>1,13 €</b>
<b>Coste total horario</b>	<b>0,14 €</b>

#### 6.4.4. Costes indirectos

A continuación, se presentan aquellos costes que no están directamente relacionados con el proyecto, pero que se deben tener presentes durante su ejecución. (Ver Tabla 9)

Tabla 9 Costes indirectos

Concepto	Coste
Alquiler	650 €
Electricidad	50 €
Otros	200 €
<b>Coste total anual</b>	900 €
<b>Coste total diario</b>	4,28 €
<b>Coste total horario</b>	0,54 €

#### 6.4.5. Horas dedicadas del personal en cada fase del proyecto

Con la realización de un estudio de tiempos, se determinó la dedicación horaria de cada profesional, evidenciado en la Tabla 10.

Tabla 10 Horas dedicadas por persona al proyecto

Personal	Fases					Total colaborador
	1	2	3	4	5	
Director	1	0	10	40	50	101
Especialista técnica	6	40	150	280	30	506
Administrativa	2	10	30	80	150	272
<b>TOTAL/FASE</b>	<b>10</b>	<b>52</b>	<b>193</b>	<b>404</b>	<b>235</b>	<b>894</b>

#### 6.5. Costes asignados a cada fase del proyecto

De acuerdo con las horas laborales del investigador, la amortización de los equipos y los valores de los costes se procede a asignar el coste estimado por cada fase del proyecto, multiplicando el número de días por el salario del trabajador, la amortización diaria y el valor de los costes diarios, de acuerdo con la duración de cada fase del proyecto.



### 6.5.1. Costes de la fase 1: Planificación

Tabla 11 Costes fase 1: Planificación

Concepto		Horas	Coste/hora	Coste total
Personal	Director	1	42,93	42,93 €
	Especialista técnico	6	25,11	150,66 €
	Administrativa	2	14,89	29,78 €
Amortización equipos informáticos		10	0,2	2 €
Material consumible		10	0,14	1,4 €
Costes indirectos		10	0,54	5,4 €
<b>COSTE TOTAL FASE 1:</b>				232,17 €

### 6.5.2. Costes de la fase 2: Búsqueda bibliográfica

Tabla 12 Costes fase 2: Búsqueda bibliográfica

Concepto		Horas	Coste/hora	Coste total
Personal	Director	0	42,93	0 €
	Especialista técnico	40	25,11	1004,4 €
	Administrativa	10	14,89	148,9 €
Amortización equipos informáticos		52	0,2	10,4 €
Material consumible		52	0,14	7,28 €
Costes indirectos		52	0,54	28,08 €
<b>COSTE TOTAL FASE 2:</b>				1199,06 €

### 6.5.3. Costes de la fase 3: Análisis bibliográfico

Tabla 13 Costes fase 3: Análisis bibliográfico

Concepto		Horas	Coste/hora	Coste total
Personal	Director	10	42,93	429,3 €
	Especialista técnico	150	25,11	3766,5 €
	Administrativa	30	14,89	446,7 €
Amortización equipos informáticos		193	0,2	38,6 €
Material consumible		193	0,14	27,02 €
Costes indirectos		193	0,54	104,22 €
<b>COSTE TOTAL FASE 3:</b>				4812,34 €

#### 6.5.4. Costes de la fase 4: Realización del informe final

Tabla 14 Costes fase 4: Realización informe final

Concepto		Horas	Coste/hora	Coste total
Personal	Director	40	42,93	1717,2 €
	Especialista técnico	280	25,11	7030,8 €
	Administrativa	80	14,89	1191,2 €
Amortización equipos informáticos		404	0,2	80,8 €
Material consumible		404	0,14	56,56 €
Costes indirectos		404	0,54	218,16 €
<b>COSTE TOTAL FASE 4:</b>				<b>10294,72 €</b>

#### 6.5.5. Costes de la fase 5: Presentación de resultados

Tabla 15 Presentación de resultados

Concepto		Horas	Coste/hora	Coste total
Personal	Director	50	42,93	2146,5 €
	Especialista técnico	30	25,11	753,3 €
	Administrativa	150	14,89	2233,5 €
Amortización equipos informáticos		235	0,2	47 €
Material consumible		235	0,14	32,9 €
Costes indirectos		235	0,54	126,9 €
<b>COSTE TOTAL FASE 5:</b>				<b>5340,1 €</b>

### 6.6. Coste total del proyecto

Es así como finalmente se estima el coste total del proyecto, sumando los totales de cada fase, evidenciados en la Tabla 16.

Tabla 16 Coste total del proyecto

Fase	Horas	Coste
Fase 1: Planificación	10,0 €	232,2 €
Fase 2: Búsqueda bibliográfica	52,0 €	1.199,1 €
Fase 3: Análisis bibliográfico	193,0 €	4.812,3 €
Fase 4: Realización del informe final	404,0 €	10.294,7 €
Fase 5: Presentación de resultados	235,0 €	5.340,1 €
<b>TOTAL</b>		<b>21.878,4 €</b>



## 7. Conclusiones y futuros desarrollos

### 7.1. Conclusiones

En primer lugar, es importante mencionar que el acercamiento de la evolución de la logística y la cadena de suministro permitió comprender mejor a cerca de las funciones que éstos desempeñan en la organización y su entorno. Diferentes autores, han dejado sus aportaciones a cerca de sus percepciones de estas disciplinas, tratando de definir las y clasificarlas cada vez mejor, siendo en los años 60' cuando la logística comienza a tener peso propio dentro de la gestión empresarial.

También fue posible conocer a lo largo de esta investigación, acerca de cómo la gestión de la cadena de suministro ha ido evolucionando de acuerdo con la demanda del mercado, y que es fundamental para ayudar a las organizaciones a comprender las necesidades del cliente, en cumplimiento del desarrollo sostenible; tema que muy posiblemente no era prioridad hace unos 20 años.

Por otra parte, es posible concluir que el proceso de selección de proveedores mediante los MCDM implica evaluar diferentes aspectos al mismo tiempo. En la mayoría de los casos, estos aspectos suelen ser los típicos tradicionales (precio, costes, calidad, tiempo de entrega, etc.) combinados con aspectos demandados actualmente (impacto social, emisión de CO<sub>2</sub>, transporte verde, sostenibilidad, entre otros). Sin embargo, y según el análisis realizado en cada artículo, es poco probable encontrar un proveedor que sea sobresaliente en todos los aspectos, pues a lo largo de la investigación fue evidente que las debilidades de una alternativa eran las fortalezas de otras.

Durante el período estudiado (2012-2022), fue interesante ver cómo elegir proveedores sostenibles utilizando los métodos de toma de decisiones multicriterio, se ha vuelto una decisión más estratégica y competente de gran importancia. Esta práctica en cada artículo tuvo impactos significativos en el desempeño de las empresas o los investigadores, en su mayoría positivos, pues sólo una minoría manifestaron obtener resultados pocos satisfactorios.

En todo caso, el propósito fundamental de los decisores de cada publicación analizada fue de mantener una conexión ventajosa de organización/investigador a proveedor, siendo esto esencial para lograr enfrentar los desafíos competitivos actuales, cumpliendo con la sostenibilidad.



## Conclusiones y futuros desarrollos

---

Por último, fue muy evidente que la mayor concentración del uso de los métodos de decisión multicriterio tiene mayor fuerza en el continente asiático. Siendo los MCDM considerados tan importantes en la gestión de las organizaciones y cada vez más aplicados; hay muy poco nivel de aprovechamiento dentro de la comunidad hispanohablante.

### 7.2. Futuros desarrollos

- Incluir otras bases de datos para la búsqueda y el desarrollo del tema de investigación.
- Explorar otros temas de interés que juegan un rol importante en la gestión organizacional, tales como la selección del transporte, la contratación de personal y licitaciones, proyectos nuevos de inversión, inclusión o descarte de líneas de producción, entre otros.
- Desarrollar una aplicación práctica de uno o varios MCDM en un área de interés, como proyecto investigativo e implementación de los métodos.

### Referencias

- Afrasiabi, A., Tavana, M., & Di Caprio, D. (2022). An extended hybrid fuzzy multi-criteria decision mode. *Environmental Science and Pollution Research*, 37291-37314. doi:10.1007/s11356-021-17851-2
- Agrawal , N. (2022). Multi-criteria decision-making toward supplier selection: exploration of PROMETHEE II method. *Benchmarking*, 2122-2146. doi:10.1108/BIJ-02-2021-0071
- Agrawal, V., Agrawal, A., & Mohanty, R. (2017). Application of fuzzy MCDM in supplier selection of fertiliser manufacturing industry. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, 133-159. doi:10.1504/IJBPSM.2017.085492
- Alimardani, M., Hashemkhani Zolfani, S., Hasan, M., & Tamošaitienė, J. (2013). A novel hybrid SWARA and VIKOR methodology for supplier selection in an agile environment. *Technological and Economic Development of Economy*, 533-548. doi:10.3846/20294913.2013.814606
- Alinezhad, A., & Khalili, J. (2019). *New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM)* (Vol. 227). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-030-15009-9
- Arani, M. S., Alvandi, M., & Toloioe, M. (2022). Sustainable supplier evaluation and selection in developing countries: an integrated fuzzy framework. *International Journal of Integrated Supply Management*, 151-183. doi:10.1504/IJISM.2022.121952
- Arenal, C. (2022). *Gestión de Proveedores. MF1004*. Logroño: Editorial Tutor Formación. Obtenido de <https://elibro-net.ponton.uva.es/es/lc/uva/titulos/215982>
- Bahadori, M., Hosseini, S. M., Teymourzadeh, E., Ravangard, R., Raadabadi , M., & Alimohammadzadeh, K. (2017). A supplier selection model for hospitals using a combination of artificial neural network and fuzzy. *International Journal of Healthcare Management*, 1-9. doi:10.1080/20479700.2017.1404730
- Ballou, R. (2006). A evolução e o futuro da logística e do gerenciamento da cadeia de suprimentos The evolution and future of logistics and supply chain management. *Case Western Reserve University*, 375-386.
- Blenker, P., Servais, P., & Preben, S. (2001). Supplier Selection and Portfolio Strategy. *Portfolio Planning in a Relationship Perspective*, 61-91.
- Bojan , M., Stanislav , J., Dillip , K., Edmundas , K., & Marinković, M. (2019). A New Hybrid MCDM Model: Sustainable Supplier Selection in a Construction Company. *Symmetry*. doi:10.3390/sym11030353.



- Bonatti, P. (2019). La meta de decisiones y la teoría de la racionalidad instrumental mínima. *Revista digital FCE-UNLP*, 67-89. doi:<https://doi.org/10.24215/23143738e037>
- Bonome, M. (2009). *La racionalidad en la toma de decisiones: Análisis de la teoría de la decisión de Herbert Simon*. Oleiros: Netbiblo.
- Boz, E., Çizmecioglu, S., & Çalık, A. (2022). A Novel MDCM Approach for Sustainable Supplier Selection in Healthcare System in the Era of Logistics 4.0. *Sustainability (Switzerland)*. doi:10.3390/su142113839
- Brans, J., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, 228-238. doi:10.1016/0377-2217(86)90044-5
- Caristi, G., Boffardi, R., Ciliberto, C., Arbolino, R., & Ioppolo, G. (2022). Multicriteria Approach for Supplier Selection: Evidence from a Case Study in the Fashion Industry. *Sustainability (Switzerland)*. doi:10.3390/su14138038
- Carter, C., & Easton, P. (2011). Sustainable supply chain management: Evolution and future directions. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 46-62. doi:10.1108/09600031111101420
- Chen, S.-J., & Hwang, C.-L. (1992). *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making*. Berlin: Springer. doi:10.1007/978-3-642-46768-4
- Chen, C.-H. (2020). A novel multi-criteria decision-making model for building material supplier selection based on. *Entropy*, 259. doi:10.3390/e22020259
- CIPS. (2021). *CIPS Supply Management*. Obtenido de <https://www.cips.org/>
- CSCMP. (2013). *Supply chain management terms and glossary*. Obtenido de [https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx](https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx)
- Denyer, D., & Tranfield, D. (2009). Producing a Systematic Review. *The sage handbook of organizational research methods*, 671-689.
- Deshmukh, A., & Vasudevan, H. (2018). Supplier selection in plastic products manufacturing MSMEs using a combined traditional and green. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 593-599. doi:10.1007/978-981-13-2490-1\_55
- Dey, B., Bipradas, B., Bijan, S., & Subir, S. (2012). A MOORA based fuzzy multi-criteria decision making approach for supply chain strategy. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 649-662. doi:10.5267/j.ijiec.2012.03.001
- Diakoulaki, D., & Koumoutsos, N. (1991). Theory and Methodology Cardinal ranking of alternative actions: extension of the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 337-347. doi:10.1016/0377-2217(91)90067-6

- Diem My, L., Wang, C.-N., & Van Thanh, N. (2022). Fuzzy MCDM for Improving the Performance of Agricultural Supply Chain. *Computers, Materials and Continua*. doi:10.32604/cmc.2022.030209
- Dweir, F., Kumar, S., Sharfuddin, K., & Vipul, J. (2016). Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. *xpert Systems With Applications*, 273-283. doi:10.1016/j.eswa.2016.06.030
- Elsevier B.V. (2022). *Elsevier*. Recuperado el 8 de Agosto de 2022, de <https://www.elsevier.com/es-es/solutions/scopus>
- Esquirol, J., Sanchez, J., & Santamaria, I. (2017). A bibliographical review: the basis of our research. *Physiotherapy Updates*, 33-36. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/319260155>
- FECYT. ((s.f.)). *Ministerio de Ciencia e Innovación - FECYT*. Recuperado el 8 de Agosto de 2022, de <https://www.recursoscientificos.fecyt.es/licencias/productos-contratados/wos>
- Fei, L., Xia, J., Feng, Y., & Liu, L. (2019). An ELECTRE-Based Multiple Criteria Decision Making Method for Supplier Selection Using Dempster-Shafer Theory. *IEEE Access*. doi:10.1109/ACCESS.2017.DOI
- Felegyhazi, M., & Hubaux, J. (2006). Game Theory in Wireless Networks: A tutorial. *Tech. Report., EPFL*.
- Fish, C., & Block, J. (2018). Six tips for your (systematic) literature review in business and management research. *Springer Nature*, 103-106. doi:10.1007/s11301-018-0142-x
- Ghorabae, M., Zavadskas, E., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2016). A new combinative distance-based assessment (CODAS) method for multi-criteria decision-making. *Economic Computation & Economic Cybernetics Studies & Research*, 25-44.
- Ghosh, S., Chandra, M., & Ray, A. (2021). Strategic sourcing model for green supply chain management: an insight into automobile. *Benchmarking*, 3097-3132. doi:10.1108/BIJ-06-2021-0333
- Ghosh, S., Mandal, M. C., & Ray, A. (2021). Selection of environmental-conscious sourcing: an empirical investigation. *Benchmarking*, 2130-2155. doi:10.1108/BIJ-08-2020-0416
- Girubha, J., Vinodh, S., & Kek, V. (2016). Application of interpretative structural modelling integrated multi criteria decision making methods for sustainable supplier selection. *Journal of Modelling in Management*, 358-388. doi:10.1108/JM2-02-2014-0012
- Grant, M., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information and Libraries Journal*, 91-108. doi:10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x
- Gripsrud, G., Jahre, M., & Persson, G. (2006). Supply chain management - Back to the future. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 643-659. doi:10.1108/09600030610702907



- Guirao, S. (2015). Utilidad y tipos de revisión de la literatura. *ENE Revista de enfermería*, 20,267. doi:10.4321/S1988-348X2015000200002
- Gündüz, Ç., & Gündüz, G. (2019). Supplier Selection under Fuzzy Environmen. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 344-352. doi:10.32710/tekstilvekonfeksiyon.551911
- Gupta, S., Soni, U., & Kumar, G. (2019). Green supplier selection using multi-criterion decision making under fuzzy environment: A case study in automotive industry. *Computers and Industrial Engineering*, 663-680. doi:10.1016/j.cie.2019.07.038
- Gupta, V., & Jayant, A. (2021). A novel hybrid MCDM approach followed by fuzzy DEMATEL-ANP-TOPSIS to evaluate Low Carbon. *Evergreen*, 544-555. doi:10.5109/4491640
- Haddad , A., da Costa, B., de Andrade, L., Hammad, A., & Soares, C. (2021). Application of fuzzy-topsis method in supporting supplier selection with focus on hse criteria: A case. *Infrastructures*. doi:10.3390/infrastructures6080105
- Handfield, R., Walton, S., Sroufe, R., & Melnyk, S. (2002). Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 70-87. doi:10.1016/S0377-2217(01)00261-2
- Haseli, G., Sheikh, R., Wang, J., Tomaskova , H., & Tirkolae, E. (2021). A novel approach for group decision making based on the best–worst method (G-bwm): Application to. *Mathematics*, 1881. doi:10.3390/math9161881
- Hatefi, M. (2019). Indifference threshold-based attribute ratio analysis: A method for assigning the weights to the attributes in multiple attribute decision making. *Applied soft Computing Journal*, 643-651. doi:10.1016/j.asoc.2018.10.050
- Hazza, M. H., Abdelwahed, A., Ali, M. Y., & Sidek, A. B. (2022). An Integrated Approach for Supplier Evaluation and Selection using the Delphi Method and Analytic. *International Journal of Technology*, 16-25. doi:10.14716/ijtech.v13i1.4700
- Hoseini, S., Zolfani, S., Skačkauskas, P., Fallahpour , A., & Saberi , S. (2022). A combined interval type-2 fuzzy mcdm framework for the resilient supplier selection problem. *Mathematics*. doi:10.3390/math10010044
- Hwang, C.-L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making*. New York: Springer. doi:10.1007/978-3-642-48318-9
- Ikinci, M., & Tipi, T. (2022). Food supplier selection in the catering industry using the analytic hierarchy process. *Food Science and Technology (Brazil)*. doi:1590/fst.48420
- J. Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron , I., Hoffmann, T., Mulrow, C., . . . Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 790-799. doi:10.1016/j.recesp.2021.06.016

- Jafarzadeh Ghoushchi, S., Khazaeili, M., Osgooei, E., & Amini, A. (2019). Multi-criteria sustainable supplier selection using piecewise linear value function and fuzzy best-worst method. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 1-17. doi:10.3233/JIFS-182609
- Kaviani, M., Karbassi Yazdi, A., Ocampo, L., & Kusi-Sarpong, S. (2020). An integrated grey-based multi-criteria decision-making approach for supplier evaluation and. *Kybernetes*, 406-441. doi:10.1108/K-05-2018-0265
- Khalili, A. A. (2019). *New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM)*. Nacogdoches: Springer.
- Khan, A., & Yousaf, A. (2021). Sustainable supplier selection for the cold supply chain (CSC) in the context of a developing country. *Environment, Development and Sustainability*, 13135-13164. doi:10.1007/s10668-020-01203-0
- Kumar, A., & Adlakaha, A. (2022). Appropriation of sustainability priorities to gain strategic advantage in a supply chain. *International Journal of Productivity and Performance Management*. doi:10.1108/IJPPM-06-2020-0298
- Kumar, D., Soni, G., Joshi, R., Jain, V., & Sohal, A. (2022). Modelling supply chain viability during COVID-19 disruption: A case of an Indian automobile. *Operations Management Research*, 1224-1240. doi:10.1007/s12063-022-00277-5
- Larsson, S., & MacCrimmon, K. (1979). Utility Theory: Axioms Versus 'Paradoxes'. En K. R. MacCrimmon, & S. Larsson, *Theory and Decision Library* (págs. 333-409). Reidel Publishing Company. doi:10.1007/978-94-015-7629-1\_15
- Lau, H., Nakandala, D., & Shum, P. K. (2017). A business process decision model for fresh-food supplier evaluation. *Business Process Management Journal*, 716-744. doi:10.1108/BPMJ-01-2016-0015
- Lazes, A. (2016). Pascal and Fermat: Religion, Probability, and Other Mathematical Discoveries. *MALS Final Projects*, 117. Obtenido de [https://creativematter.skidmore.edu/mals\\_stu\\_schol/117](https://creativematter.skidmore.edu/mals_stu_schol/117)
- Liang, R., & Chong, H.-Y. (2019). A hybrid group decision model for green supplier selection: a case study of megaprojects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 1712-1734. doi:10.1108/ECAM-10-2018-0462
- Liou, J., Chang, M.-H., Lo, H.-W., & Hsu, M.-H. (2021). Application of an MCDM model with data mining techniques for green supplier evaluation and selection. *Applied Soft Computing*. doi:10.1016/j.asoc.2021.107534
- Liu, C., Rani, P., & Pachori, K. (2022). Sustainable circular supplier selection and evaluation in the manufacturing sector using Pythagorean. *Journal of Enterprise Information Management*, 1040-1066. doi:10.1108/JEIM-04-2021-0187



## Referencias

---

- Lo, H.-W., Liaw, C.-F., Gul, M., & Lin, K.-Y. (2021). Sustainable supplier evaluation and transportation planning in multi-level supply chain networks using. *Computers and Industrial Engineering*. doi:10.1016/j.cie.2021.107756
- Lopes, A., & Rodriguez-Lopez, N. (2021). A decision support tool for supplier evaluation and selection. *Sustainability (Switzerland)*. doi:10.3390/su132212387
- Manger, M. (2019). Herbert simon's decision-making theory: A decisionist approach to organization. *Politicka Misao*, 66-86. doi:10.20901/pm.56.2.03
- Marzouk, M., & Sabbah, M. (2021). AHP-TOPSIS social sustainability approach for selecting supplier in construction supply chain. *Cleaner Environmental Systems*. doi:10.1016/j.cesys.2021.100034
- McGinnis, M. (1992). Military Logistics: Insights for Business Logistics. *MCB University Press*, 22-32.
- Mohammed, A., Yazdani, M., Oukil, A., & Santibanez Gonzalez, E. (2021). A hybrid mcdm approach towards resilient sourcing. *Sustainability (Switzerland)*. doi:10.3390/su13052695
- Narasimhan, R., Talluri, S., & Mendez, D. (2001). Supplier Evaluation and Rationalization Via Data Envelopment Analysis. *Journal of Supply Chain Management*, 28-37. doi:10.1111/j.1745-493X.2001.tb00103.x
- Nguyen , T.-L., Nguyen, P.-H., Pham, H.-A., Nguyen , T.-G., Nguyen , D.-T., Tran, T.-H., . . . Phung, H.-T. (2022). A Novel Integrating Data Envelopment Analysis and Spherical Fuzzy MCDM Approach for. *Mathematics*. doi:10.3390/math10111897
- Okubo, Y. (1997). *Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems Methods and Examples*. Paris: OECD.
- Orji , I., & Ojadi , F. (2021). Investigating the COVID-19 pandemic's impact on sustainable supplier selection in the Nigerian manufacturing sector. *Computers and Industrial Engineering*. doi:10.1016/j.cie.2021.107588
- Pamucar, D., Stevi'c, Ž., & Sremac , S. (2018). Pamučar, D., Stević, Ž., & Sremac, S. (2018). A New Model for Determining Weight Coefficients of Criteria in MCDM Models: Full Consistency Method (FUCOM). *Symmetry*. doi:10.3390/sym10090393
- Pamucar, D., Torkayesh, A. E., & Biswas, S. (2022). Supplier selection in healthcare supply chain management during the COVID-19 pandemic: a novel. *Annals of Operations Research*. doi:10.1007/s10479-022-04529-2
- Parikh, M., & Joshi, K. (2005). Purchasing process transformation: Restructuring for small purchases. *International Journal of Operations and Production Management*, 1042-1061. doi:10.1108/01443570510626880

- Pearson, J., & Ellram, L. (1995). Supplier Selection and Evaluation in Small Versus Large Electronic Firms. *Journal of Small Business Management*, 33(4), 53-65. Obtenido de [www.proquest.com/scholarly-journals/supplier-selection-evaluation-small-versus-large/docview/220955564/se-2](http://www.proquest.com/scholarly-journals/supplier-selection-evaluation-small-versus-large/docview/220955564/se-2)
- Petrović, G., Mihajlović, J., Čojbašić, Ž., Madić, M., & Marinković, D. (2019). Comparison of three fuzzy MCDM methods for solving the supplier selection problem. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, 455-469. doi:10.22190/FUME190420039P
- Philipsen, K., Damgaard, T., & Johnsen, R. (2008). Suppliers' opportunity enactment through the development of valuable capabilities. *Journal of Business and Industrial Marketing*, 23-34. doi:10.1108/08858620810841461
- Puška, A., Nedeljkovic, M., Hashemkhani, S., & Pamucar, D. (2021). Application of interval fuzzy logic in selecting a sustainable supplier on the example of agricultural. *Symmetry*, 774. doi:10.3390/sym13050774
- Ratna, S., Goswami, A., Anand, K., Anand, K., & Adav, A. (2019). A hybrid mcdm model for supplier selection in supply chain. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 143-150. doi:10.24247/ijmperdjun201915
- Rezaei, A., Rahiminezhad, M., Mansoorzadeh, S., & Mokhatab, F. (2020). Supplier Selection and Order Allocation with Lean Manufacturing Criteria: An Integrated MCDM and. *EMJ - Engineering Management Journal*, 1-19. doi:10.1080/10429247.2020.1753490
- Rezaei, J., Wang, J., & Tavasszy, L. (2020). Linking supplier development to supplier segmentation using Best Worst. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 891-907. doi:10.1142/S02196220200500170
- Rodrigue, J.-P. (2020). *The Geography of Transport Systems* (Vol. 15). New York: Routledge. doi:doi.org/10.4324/9780429346323
- Roy B, B. D. (1985). *Collection l.:j ESTION SÉRIE : Production et Techniques quantitatives appliquées à la gestion Aide Multicritère à la Décision : Méthodes et Cas*. París, Francia: Economica.
- Saaty, T. (1987). The Analytic Hierarchy Process - What it is and how it is used. *Pergamon Journals Ltd.*, 161-176.
- Saaty, T. (2004). Fundamentals of the Analytic Network Process-multiple networks with benefits, costs, opportunities and risks. *Journal of systems science and systems engineering*, 328-379.
- Sadeghravesh, M., Khosravi, H., & Ghasemian, S. (2016). Assessment of combating desertification strategies using the linear assignment method. *Solid Earth Discuss*. doi:10.5194/se-2015-133
- Safari, H., Rza, M., Jafarzadeh, H., & Reza, M. (2018). Extension of MCDM method for supplier selection problem with interval numbers based on objective weighting.



## Referencias

---

- International Journal of Industrial Engineering*, 779-794. doi:10.23055/ijietap.2018.25.6.3813
- Sahu, A. K., Sharma, M., Raut, R., Sahu, A. K., Sahu, N. K., Antony, J., & Tottorella, G. (2022). Decision-making framework for supplier selection using an integrated MCDM approach in a lean-agile-resilient-green environment: evidence from Indian automotive sector. *TQM Journal*, 1754-2731. doi:10.1108/TQM-12-2021-0372
- San Cristóbal, J. (2012). *Multi Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry*. Santander: Springer. doi: 10.1007/978-1-4471-2346-0
- Sarwar, M., Zafar, F., Majeed, I. A., & Javed, S. (2022). Selection of Suppliers in Industrial Manufacturing: A Fuzzy Rough PROMETHEE Approach. *Mathematical Problems in Engineering*. doi:10.1155/2022/6141225
- Servera, D. (2010). Concepto y evolución de la función logística. *INNOVAR. Revista de Ciencias*, 217-234. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81819024018>
- Shi, H., Quan, M.-Y., & Duan, C.-Y. (2018). A Novel Integrated Approach for Green Supplier Selection with Interval-Valued Intuitionistic Uncertain Linguistic Information: A Case Study in the Agri-Food Industry. *Sustainability*, 733. doi:10.3390/su10030733
- Shin, K., & Suraraksa, J. (2019). Comparative Analysis of Factors for Supplier Selection and Monitoring: The Case of the Automotive Industry in Thailand. *Sustainability*, 981. doi:10.3390/su11040981
- Sindhu, M., Siddique, I., Ahsan, M., Jarad, F., & Altunok, T. (2022). An Approach of Decision-Making under the Framework of Fermatean Fuzzy Sets. *Mathematical Problems in Engineering*. doi:10.1155/2022/8442123
- Sołek-Borowska, C., & Wilczewska, M. (2018). New Technologies in the Recruitment Process. *Economics and Culture*, 25-33. doi:10.2478/jec-2018-0017
- Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., & Chatterjee, P. (2018). Sustainable supplier selection in healthcare industries using a new MCDM method: Measurement of alternatives and ranking according to Compromise solution. *Computers and Industrial Engineering*, 140. doi:10.1016/j.cie.2019.106231
- Strozzi, F., Creazza, A., Colicchia, C., & Noe, C. (2017). Literature review on the 'Smart Factory' concept using bibliometric tools. *International Journal of Production Research*, 6572-6591. doi:10.1080/00207543.2017.1326643
- Tahriri, F., & Osman, M. (2008). AHP approach for supplier evaluation and selection in a steel manufacturing company. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 54-76. doi:10.3926/jiem.v1n2.p54-76
- Thakkar, J. (2021). *Multi-Criteria Decision Making* (Vol. 336). Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-33-4745-8

- Tirkolaee, B. E., Dashtian, Z., Weber, W. G., Tomaskova, H., Soltani, M., & Mousavi, S. N. (2021). An integrated decision-making approach for green supplier selection in an agri-food supply chain. *Mathematics*, 1304. doi:10.3390/math9111304
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal Management*, 207-222. doi:10.1111/1467-8551.00375
- Wang, C., Tsai, H., Nguyen, V., Nguyen, V., & Huang, Y.-F. (2020). A hybrid fuzzy analytic hierarchy process and the technique for order of preference by similarity to. *Symmetry*. doi:10.3390/sym12020211
- Wang, C., Yang, Q., & Dai, S. (2020). Supplier selection and order allocation under a carbon emission trading scheme: A case study from. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. doi:10.3390/ijerph17010111
- Wang, C.-N., Chou, C.-C., Dang, T.-T., Nguyen, H.-P., & Nguyen, N.-A.-T. (2022). Integrating Triple Bottom Line in Sustainable Chemical Supplier Selection: A Compromise. *Processes*, 889. doi:10.3390/pr10050889
- Wang, C.-N., Huang, Y.-F., & Thanh, N. (2018). A Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Approach Using Hybrid SCOR Metrics, AHP, and TOPSIS for supplier evaluation and selection in the gas and oil industry. *Processes*, 252. doi:10.3390/pr6120252
- Wang, C.-N., Nguyen, V.-T., Nhi Thai, H., Nguyen Tran, N., & Anh Tran, T. (2018). Sustainable Supplier Selection Process in Edible Oil Production by a Hybrid Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Green Data Envelopment Analysis for the SMEs Food Processing Industry. *Mathematics*, 6, 302. doi:10.3390/math6120302
- Wang, C.-N., Tsai, H.-T., Ho, T.-P., Nguyen, V.-T., & Huang, Y.-F. (2020). Multi-criteria decision making (MCDM) model for supplier evaluation and selection for oil production. *Processes*. doi:10.3390/pr8020134
- Wang, C.-N., Viet, V., Ho, T., Van Thanh, N., & Viet Tinh, N. (2020). Multi-criteria decision model for the selection of suppliers in the textile industry. *Symmetry*, 979. doi:10.3390/SYM12060979
- Wang, K. (2016). Logistics 4.0 Solution New Challenges and Opportunities. *International Workshop of Advanced Manufacturing and Automation*, 68-74.
- Wang, K.-Q., Liu, H.-C., Liu, L., & Huang, J. (2017). Green supplier evaluation and selection using cloud model theory and the QUALIFLEX method. *Sustainability (Switzerland)*. doi:10.3390/su9050688
- Warfield, J. (1973). Binary Matrices in System Modeling. *IEEE Transactions on Systems*, 441-449. doi:10.1109/TSMC.1973.4309270
- Wittstruck, D., & Teuteberg, F. (2012). Integrating the concept of sustainability into the partner selection process: A fuzzy-AHP-TOPSIS approach. *Int. J. Logistics Systems and Management*, 195-226. doi:10.1504/IJLSM.2012.047221



## Referencias

---

- Wu, C.-M., Hsieh, C.-L., & Chang, K.-L. (2013). A hybrid multiple criteria decision making model for supplier selection. *A hybrid multiple criteria decision making model for supplier selection*. doi:10.1155/2013/324283
- Xu Q, Z. Y. (2015). Improved TOPSIS Model and its Application in the Evaluation of NCAA Basketball Coaches. *Modern Applied Science*, 259-268. doi:doi:10.5539/mas.v9n2p259
- Yadav, S., Garg, D., & Luthra, S. (2020). Selection of third-party logistics services for internet of things-based agriculture supply chain. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 204-330. doi:10.1504/IJLSM.2020.104780
- Yazdani, M., Hashemkhani, S., & Kazimieras, E. (2016). New integration of MCDM methods and QFD in the selection of green suppliers. *Journal of Business Economics and Management*, 1097-1113. doi:10.3846/16111699.2016.1165282
- Yazdani, M., Torkayesh, A., & Chatterjee, P. (2020). An integrated decision-making model for supplier evaluation in public healthcare system: the case. *Journal of Enterprise Information Management*. doi:10.1108/JEIM-09-2019-0294
- Zak, J., & Kruszyński, M. (2015). Application of AHP and ELECTRE III/IV methods to multiple level, multiple criteria evaluation of urban transportation projects. *Transportation Research Procedia*, 820-830. doi:10.1016/j.trpro.2015.09.035
- Zandkarimkhani, S., Amiri, M., & Mousavi, S. H. (2022). A hybrid multi-criteria decision making method for sustainable supplier selection: a case study. *International Journal of Management and Decision Making*, 113-128. doi:10.1504/IJMMDM.2022.121917
- Zavadskas, E., Turskis, Z., Antucheviciene, J., & Zakarevicius, A. (2012). Optimization of weighted aggregated sum product assessment. *Elektronika ir Elektrotechnika*, 3-6, 122. doi:10.5755/j01.eee.122.6.1810
- Zhang C, W. X. (2018). An intuitionistic multiplicative ORESTE method for patients' prioritization of hospitalization. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 1-18. doi:10.3390/ijerph15040777
- Zhao, J., You, X.-Y., Liu, H.-C., & Wu, S.-M. (2017). An extended VIKOR method using intuitionistic fuzzy sets and combination weights for supplier selection. *Symmetry*, 9, art. no.169. doi:10.3390/sym9090169
- Zionts, S., & Wallenius, J. (1983). An Interactive Multiple Objective Linear Programming Method for a Class of Underlying Nonlinear Utility functions. *Management Science*, 519-529. doi:10.1287/mnsc.29.5.519
- Ziquan, X., Jiaqi, Y., Hamza Naseem, M., Zuquan, X., & Xueheng, L. (2021). Supplier Selection of Shipbuilding Enterprises Based on Intuitionistic Fuzzy Multicriteria Decision. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-11. doi:10.1155/2021/1775053