







# Selección de proveedores verdes en la cadena de suministro: aplicación del método MEREC en la industria maquiladora

## *Green Supplier Selection in Supply Chains: Application of the MEREC Method in the Maquiladora Industry*

Alejandra Holguín Avila<sup>1</sup> , Luis Asunción Pérez Domínguez<sup>1</sup>  ✉ , Roberto Romero Lopez<sup>1</sup> , David Luviano Cruz<sup>1</sup> , Erwin Adán Martínez Gómez<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Industrial y Manufactura, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

### RESUMEN

En el contexto actual, donde la sostenibilidad en los negocios se ha convertido en un factor importante para la competitividad empresarial, la selección de proveedores verdes desempeña un papel primordial en la gestión eficiente y responsable de las cadenas de suministro. Esta investigación propone un modelo basado en métodos multicriterio (MCDM), como MEREC, para evaluar y priorizar proveedores en función de criterios ambientales, económicos y sociales, contribuyendo así al fortalecimiento de prácticas sostenibles en la industria maquiladora. El objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo de apoyo a la decisión para la selección de proveedores verdes en cadenas de suministro. La metodología incluye una revisión exhaustiva de la literatura y la identificación de criterios ambientales relevantes para priorizar proveedores que demuestren un mayor compromiso ambiental, sin afectar costos ni tiempos de entrega. Los resultados preliminares, obtenidos a partir de un estudio piloto en el sector industrial de Ciudad Juárez, Chihuahua, México, evidencian que el modelo facilita una clasificación pragmática entre proveedores sostenibles y tradicionales, permitiendo tomar decisiones alineadas con estrategias de responsabilidad social y sustentabilidad empresarial.

**PALABRAS CLAVE:** proveedores verdes; MCDM; sostenibilidad empresarial; cadena de suministro.

### ABSTRACT

In the current context, where corporate sustainability has become a critical factor for business competitiveness, the selection of green suppliers plays a pivotal role in the efficient and responsible management of supply chains. This research proposes a model based on multicriteria methods, such as MEREC, to evaluate and prioritize suppliers according to environmental, economic, and social criteria, thereby contributing to the strengthening of sustainable practices within the maquiladora industry. The primary objective of this study is to develop a decision-support model for green supplier selection in supply chains. The methodology includes an extensive review of the literature and the identification of relevant environmental criteria to prioritize suppliers that demonstrate greater environmental commitment, without compromising costs or delivery times. Preliminary results, obtained from a pilot study in the industrial sector of Ciudad Juárez, Chihuahua, Mexico, show that the model facilitates a pragmatic classification between sustainable and traditional suppliers, allowing for decisions aligned with corporate social responsibility and sustainability strategies.

**KEYWORDS:** green suppliers; MCDM; corporate sustainability; supply chain.

#### Correspondencia:

**DESTINATARIO:** Luis Asunción Pérez Domínguez  
**INSTITUCIÓN:** Universidad Autónoma de Ciudad Juárez /  
Instituto de Ingeniería y Tecnología  
**DIRECCIÓN:** Ave. del Charro núm. 450 norte, C. P. 32320,  
Ciudad Juárez, Chih., México  
**CORREO ELECTRÓNICO:** [luis.dominguez@uacj.mx](mailto:luis.dominguez@uacj.mx)

**Fecha de recepción:** 16 de enero de 2026. **Fecha de aceptación:**  
19 de marzo de 2026. **Fecha de publicación:** 30 de abril de 2026.



## I. INTRODUCCIÓN

### A. APLICACIÓN DEL MÉTODO MEREC

En la nueva era digital, los procesos de toma de decisiones se caracterizan por una creciente complejidad y por la presencia de múltiples variables. Ante este escenario, los métodos multicriterio de decisión (MCDM, por sus siglas en inglés) se han consolidado como herramientas fundamentales para evaluar alternativas, considerando varios criterios de manera simultánea [1]. Dentro de este conjunto de métodos, MEREC (Method based on the Removal Effects of Criteria) destaca por su enfoque innovador orientado a la ponderación objetiva de los criterios, reduciendo así la influencia de sesgos subjetivos en el proceso decisorio [2].

A diferencia de otros enfoques de ponderación, MEREC se fundamenta en el análisis del impacto que genera la eliminación de cada criterio sobre el desempeño global de las alternativas. Esta característica le confiere una relevancia especial en problemas donde es fundamental entender la causalidad y la influencia relativa de los criterios para garantizar decisiones sólidas y coherentes. Así, MEREC no solo identifica los criterios más críticos, sino que también permite detectar aquellos con menor relevancia en la decisión final [3].

Diversos estudios han demostrado que MEREC mantiene estabilidad y eficiencia incluso en problemas de gran escala, caracterizados por un elevado número de criterios y alternativas [4]. Más allá de su robustez, el método destaca por su capacidad para identificar la contribución marginal de cada criterio, lo que permite una diferenciación más precisa en comparación con enfoques convencionales. Adicionalmente, las simulaciones con datos distribuidos normalmente corroboran su consistencia, reforzando su idoneidad para escenarios donde se requiere una asignación objetiva y sensible de los pesos [5].

El método ha sido exitosamente ampliado para gestionar la incertidumbre mediante modificaciones difusas, a la vez que mantiene coeficientes de correlación consistentes y robustez frente a valores atípicos [6]. Asimismo, las aplicaciones prácticas demuestran la eficacia de MEREC en escenarios reales, por ejemplo, en la selección de proveedores con MCDM, como CODAS, COPRAS y VIKOR [7]. Finalmente, el método facilita una toma de decisiones sistemática y objetiva al integrar

procesos de evaluación multicriterio, lo cual se evidencia en aplicaciones de selección de proveedores [8].

### B. COMPARACIÓN DE MEREC CON OTROS MÉTODOS MULTICRITERIO

La selección de proveedores verdes constituye un desafío clave dentro de la gestión de cadenas de suministro sostenibles, ya que implica equilibrar criterios ambientales, económicos y sociales de forma simultánea. Para este propósito, los métodos de decisión multicriterio (MCDM) se han convertido en herramientas fundamentales al permitir la evaluación estructurada de alternativas en entornos complejos. Entre las técnicas más utilizadas se encuentran CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) e ITARA (Information Theory and Absolute Ranking Algorithm), las cuales permiten obtener ponderaciones objetivas basadas en correlaciones y medidas de información, respectivamente [9].

Sin embargo, recientes investigaciones han demostrado que estos enfoques pueden presentar limitaciones, como la tendencia a generar pesos demasiado uniformes (ITARA) o la sobrevaloración de criterios correlacionados (CRITIC) [9]. Frente a ello, el método MEREC surge como una alternativa más robusta, al centrarse en el impacto real que la eliminación de cada criterio ejerce sobre el desempeño global de las alternativas. Asimismo, su versión extendida bajo lógica difusa, Fuzzy MEREC-G, incorpora la posibilidad de manejar incertidumbre y juicios lingüísticos, lo cual resulta especialmente pertinente en la evaluación de proveedores sostenibles donde la información suele ser incompleta o ambigua.

La [Tabla 1](#) se presenta un cuadro comparativo que sintetiza las características principales, fortalezas, limitaciones y mejoras que aporta el método MEREC frente a otros enfoques multicriterio, evidenciando su aplicabilidad y ventajas en procesos de selección de proveedores verdes.

Del análisis mostrado en esta tabla, se desprende que el método MEREC puede brindar una ponderación más objetiva, diferencia y estable relacionada con los otros criterios de comparación que pueden ofrecer otros métodos, ya que este puede evaluar directamente el impacto que tiene la eliminación de cada criterio sobre el desempeño global de las alternativas.

TABLA 1  
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL MÉTODO MEREC

MÉTODO	CARACTERÍSTICAS	LIMITACIONES	CÓMO MEJORA CON MEREC
CRITIC <sup>1</sup>	Basado en la variación y correlación entre criterios. Asigna mayor peso a criterios con alta varianza y baja correlación.	Sensible a <i>outliers</i> y a la multicolinealidad. Puede sobreponderar criterios muy correlacionados.	Se maneja mejor las correlaciones al evaluar el impacto por la eliminación de cada criterio, evitando sobrepriorización.
ITARA <sup>2</sup>	Método basado en la teoría de la información. Usa entropía para distribuir pesos de forma balanceada.	Tiende a generar pesos demasiado uniformes, diluyendo la importancia de criterios críticos.	Refina la entropía y genera pesos diferenciados que reflejan mejor la influencia relativa de cada criterio.
MEREC <sup>3</sup>	Evalúa el efecto de remover cada criterio sobre el desempeño total. Ponderación objetiva basada en sensibilidad.	Puede ser computacionalmente más complejo que ITARA. Requiere buena calidad de datos.	Se adapta mejor a contextos de sostenibilidad, al balancear criterios económicos, ambientales y sociales con robustez.
Fuzzy MEREC-G <sup>4</sup>	Extiende MEREC para trabajar con números difusos triangulares y juicios lingüísticos. Integra criterios objetivos y subjetivos.	Mayor carga computacional. Requiere conocimiento especializado en lógica difusa.	Ofrece la versión más realista de MEREC: combina objetividad con la flexibilidad de la información lingüística, esencial para evaluar sostenibilidad.

<sup>1</sup> Criteria Importance Through Intercriteria Correlation; <sup>2</sup> Information Theory and Absolute Ranking Algorithm; <sup>3</sup> Mean Entropy-based Relative Criteria Weighting; <sup>4</sup> Geometric mean + lógica difusa.

### C. CRITERIOS AMBIENTALES EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA MEDIANTE MEREC. CASO PRÁCTICO

Dentro de las industrias manufactureras existen gran presión regulatoria y social para reducir su huella ambiental. Sin embargo, algunas empresas pueden carecer de métodos claros para priorizar los criterios ambientales en la selección de proveedores. Un ejemplo que pueden utilizar es el método propuesto en este documento, el cual se puede aplicar de la siguiente manera, de los cuales la base primaria se puede encontrar en el [Anexo 2](#).

Con base en cuatro proveedores de la industria maquiladora en Ciudad Juárez tomados como referencia, se definen los criterios mostrados en la [Tabla 2](#).

Para la justificación del uso de los cuatro proveedores seleccionados, se preseleccionaron los siguientes criterios:

1. Proveedores con certificación ambiental  $\geq 75$  %.
2. Disponibilidad de datos completos.
3. Proveedores activos en el último año.
4. Cumplimiento logístico.

TABLA 2  
CRITERIOS DE LOS PROVEEDORES

CRITERIO	CARACTERÍSTICAS	COSTO / BENEFICIO	VALOR
C1	Precio	Costo	Mín
C2	Emisiones	Costo	Mín
C3	Certificación ambiental	Beneficio	Máx
C4	Energía renovable	Beneficio	Máx
C5	Plazo de entrega	Costo	Mín

Estos criterios se definen bajo el marco ESG (Environmental, Social and Governance), que ayuda a orientar las actividades sostenibles dentro de una empresa, las cuales se definen en la [Tabla 3](#).

TABLA 3  
TABLA ESG DE CRITERIOS

CRITERIO	DIMENSIÓN	UNIDAD
Precio	Económica	USD
Emisiones	Ambiental	kg CO <sub>2</sub>
Certificación ambiental	Ambiental	%
Energía renovable	Ambiental	%
Plazo	Operativa	Días

Asignadas las características y los valores correspondientes, se procede a generar la matriz de decisión,  $X = X_{ij}$ , indicada en la [Tabla 4](#).

TABLA 4  
TABLA ESG DE CRITERIOS

PROVEEDOR	C1	C2	C3	C4	C5
A	5.2	180	85	60	7
B	4.8	220	80	70	10
C	5.5	160	90	50	8
D	5.0	200	75	80	9

Bajo la referencia del [Anexo 2](#), la matriz de decisión se genera a partir de registros internos de evaluación. En un principio se consideraron 12 proveedores potenciales de insumos industriales, inicialmente evaluados mediante indicadores económicos, ambientales y operativos, permitiendo garantizar trazabilidad en el origen de los datos y reproducibilidad del ejercicio metodológico.

Posteriormente, al aplicar la fórmula de normalización, la cual será explicada en el siguiente apartado, se obtuvo la [Tabla 5](#).

TABLA 5  
NORMALIZACIÓN DE LOS DATOS

PROVEEDOR	C1↓	C2↓	C3↑	C4↑	C5↓
A	0.923	180	85	60	7
B	1.000	220	80	70	10
C	0.873	1	1	0.625	0.875
D	0.960	0.8	0.833	1	0.778

Símbolos: ↑ = beneficio; ↓ = costo.

De esto se genera lo siguiente, como resultado de desempeño global base:

$$\begin{aligned} PA &= 0.8971 \\ PB &= 0.8309 \\ PC &= 0.8625 \\ PD &= 0.8698 \end{aligned}$$

Una vez obtenidos estos valores, se procede a la aplicación del método MEREC, el cual se sustenta en determinar qué tan importante es cada alternativa. Si el desempeño varía en gran medida, este criterio es crítico, y si no existe mayor variación, este es menos favorable, con lo cual se generan los resultados siguientes al aplicar la ecuación:

**Paso 1 para el proveedor A:**

$$PA = 0.8971$$

Se elimina C4:

$$PA(-4) = (0.923 \cdot 0.889 \cdot 0.944 \cdot 1.000)^{1/4} = 0.9382$$

Diferencia:

$$\Delta A,4 = 0.8971 - 0.9382 = 0.0411$$

**Paso 2 para el proveedor B:**

$$PB = 0.8309$$

Se elimina C4:

$$PB(-4) = (1.000 \cdot 0.727 \cdot 0.889 \cdot 0.700)^{1/4} = 0.8269$$

Diferencia:

$$\Delta B,4 = 0.8309 - 0.8269 = 0.004$$

**Paso 3 para el proveedor C:**

$$PC = 0.8625$$

Se elimina C4:

$$PC(-4) = (0.873 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 0.875)^{1/4} = 0.9356$$

Diferencia:

$$\Delta C,4 = 0.8625 - 0.9356 = 0.0731$$

**Paso 4 para el proveedor D:**

$$PD = 0.8698$$

Se elimina C4:

$$PD(-4) = (0.960 \cdot 0.800 \cdot 0.833 \cdot 0.778)^{1/4} = 0.8416$$

Diferencia:

$$\Delta D,4 = 0.8698 - 0.8416 = 0.0282$$

**Paso final 5: suma de todas las diferencias**

$$EC4 = 0.0411 + 0.0040 + 0.0731 + 0.0282 = 0.1464$$

A fin de facilitar la comprensión, este artículo ejemplifica el procedimiento tomando únicamente el criterio C4. Para una aplicación completa y reproducible del método, el análisis debe extenderse a todos los criterios del conjunto.

Para obtener el peso final de cada criterio, el procedimiento se aplica de manera sistemática a todas las diferencias  $\Delta ij$ , es decir, para cada criterio  $j$  se elimina dicho criterio de la evaluación y se recalcula el desempeño global de cada alternativa mediante la fórmula base de MEREC. La diferencia entre el desempeño original y el recalculado representa el efecto de remoción para cada alternativa. Posteriormente, estos efectos se suman para cada criterio, obteniendo así el valor agregado  $Ej$ , que refleja la importancia global de dicho criterio. Finalmente, al normalizar estos valores  $Ej$ , se derivan los pesos finales de MEREC que permiten identificar qué criterios son más determinantes en el resultado de la selección, dando como resultado los valores siguientes:

EC1 = 0.0677	→	WC1 = 0.1486
EC2 = 0.0799	→	WC2 = 0.1753
EC3 = 0.0660	→	WC3 = 0.1449
EC4 = 0.1539	→	<b>WC4 = 0.3378</b>
EC5 = 0.0881	→	WC5 = 0.1934

El criterio C4, correspondiente a energía renovable, es el más influyente, con un peso de 0.3378, y posteriormente se tiene el C5, relacionado al plazo, y finalmente el C2, de las emisiones, dando como respuesta que el resto de los criterios tienen un efecto marginal agrado menor que los demás.

Por último, se aplica una ecuación 6 para delimitar puntuación final y *ranking* con el método WSM, el cual da por resultado lo siguiente:

VA = 0.8766
VB = 0.8358
VC = 0.8303
VD = 0.8919

Con este resultado, se puede determinar que el peso C4 es más dominante, seguido del C5 y C2.

## II. METODOLOGÍA

En este trabajo se aplicó el método MEREC para la determinación objetiva de criterios basado en pesos dentro de un ejemplo práctico de selección de proveedores verdes para analizar la variación en el desempeño de alternativas al eliminar cada criterio de forma independiente, permitiendo identificar qué criterios influyen de manera más significativa en la decisión final. La metodología abarcó las etapas siguientes:

### 1. Revisión sistemática de literatura bajo el método PRISMA.

1.1 La estrategia de búsqueda se basó en publicaciones comprendidas entre 2019 y 2025.

1.2 Las consultas se realizaron mediante la búsqueda de palabras clave en inglés, tales como: “green supplier selection” OR “sustainable supplier selection” AND (“MCDM” OR “multi-criteria decision making”) AND (“MEREC” OR “objective weighting methods”) AND (“supply chain sustainability”).

1.3 Las bases de datos consultadas son Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Springer, IEEE Xplore.

1.4 Los criterios de inclusión corresponden a artículos publicados en revistas científicas indexadas, relacionadas con la selección de proveedores, sostenibilidad en cadenas de suministro y MCDM.

1.5 Los criterios de exclusión corresponden a artículos duplicados entre bases de datos, documentos que no traten de selección de proveedores o sostenibilidad, estudios que no muestren una metodología acorde a los objetivos de este artículo y documentos no arbitrados.

1.6 La selección de estudios abarcó 137 registros y al eliminar duplicados se obtuvieron 102 artículos, con 46 estudios de alta relevancia, dando un total de 28 estudios que cumplieron con todos los criterios (para más detalles, consulte el [Anexo 1](#)).

2. Planteamiento de alternativas sobre los proveedores a considerar, basado en la información proporcionada por la empresa maquiladora en Ciudad Juárez.

3. Construcción de la matriz de decisión, expresada de la siguiente manera:

$$X = [x_{ij}]$$

Matriz 1. Decisión.

4. Aplicar ecuación de normalización de la matriz para cada criterio *j*:

Beneficio:

$$e_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}}$$

Ecuación 1. Beneficio.

Costo:

$$e_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}}$$

Ecuación 2. Costo.

5. Aplicar la media geométrica para determinar el desempeño global de base, tomando en cuenta *i* como cada alternativa y *n* como los 5 criterios.

$$P_i = \left( \prod_{j=1}^n e_j \right)^{1/n}$$

Ecuación 3. Media geométrica.

- Utilizar la remoción por criterio o mejor conocido como aplicación particular del método MEREC.

$$p_i(-j)' = \left( \prod_{k \neq j} e_{ik} \right)^{1/(n-1)}$$

$$\Delta_{ij} = p_i^{1-j} - p_i^{(1-j)}$$

Ecuación 4. Núcleo de MEREC.

- Aplicar la fórmula de agregación para la obtención de pesos.

$$E_j = \sum \Delta_{ij} \rightarrow \omega_j = \frac{E_j}{\sum k E_k}$$

Ecuación 5. Agregación por criterio.

- Generar la puntuación final y el ranking

$$V_i = \sum w_j e_{ij}$$

Ecuación 6. WSM (Modelo de suma ponderada)

Esta metodología llevada en práctica de manera puntual no solo puede ayudar a obtener los pesos objetivos, sino que también garantiza estabilidad y robustez en la ponderación lo cual ayuda a sustentar mejores decisiones, en este caso en particular, para la selección de proveedores verdes dentro de una institución.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al aplicar el método MEREC al caso práctico, ayudó a calcular los desempeños globales iniciales de los cuatro proveedores. Dichos valores representan la situación base al considerar en conjunto los cinco criterios principales previamente señalados, lo cuales fueron:

- Precio
- Emisiones
- Certificación ambiental
- Energía renovable
- Plazo de entrega

Posterior a ello, una vez que se aplicó el procedimiento de eliminación de criterios, se procedió a calcular las diferencias, la suma por criterio y los pesos ya normaliza-

dos. Resalta que el criterio de más impacto es el C4 (uso de energía renovable), con un peso de 0.3378, siendo el resultado más alto en comparación de los demás. Este criterio representa que la incorporación de energías renovables es un factor de gran importancia al momento de la selección de un proveedor, el mantener su estándar de energía limpia y su compromiso con medio ambiente, resultando ser algo primordial. En segundo término, se tiene el criterio 5 (plazo de entrega), con un peso de 0.1934, y en tercer lugar las emisiones, con un peso de 0.1753. Con este resultado, el ranking final indica que el proveedor D es la mejor opción, seguida del proveedor A, dejando los restantes como proveedores con desempeños más bajos.

Mediante el análisis de sensibilidad basado en perturbación de pesos —conocido como Robustness Analysis of Rankings y que se aplica a problemas de decisión multicriterio [10] para evaluar la robustez y verificar la estabilidad del ranking obtenido mediante la integración de MEREC y WSM—, se examinó la sensibilidad de los criterios, modificando su peso en rangos de  $\pm 10\%$  y  $20\%$  y normalizando el vector de pesos para conservar la suma total igual a 1. Los siguientes resultados se muestran en la [Tabla 6](#).

TABLA 6  
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

ESCENARIO	RANKING RESULTANTE	CAMBIO RESPECTO A LA BASE
C1 -10 %	D > A > B > C	NO
C1 +10 %	D > A > B > C	NO
C2 -10 %	D > A > B > C	NO
C2 +20 %	D > A > B > C	SÍ
C3 -10 %	D > A > C > B	NO
C3 +10 %	D > A > B > C	NO
C4 -10 %	D > A > B > C	SÍ
C4 -20 %	A > D > C > B	SÍ
C4 +10 %	D > A > B > C	NO
C5 +20 %	D > A > C > B	SÍ

El análisis de sensibilidad mostró que el ranking base D > A > B > C permanece estable en la mayoría de los escenarios, lo que propone una robustez aceptable para el modelo.

Del mismo modo, estos resultados representan que el método MEREC ofrece una ponderación más objetiva

y diferenciada que otros enfoques tradicionales, como CRITIC o ITARA señalados en la literatura, los cuales tienden a sobrevalorar criterios correlacionados o generar distribuciones de pesos uniformes.

#### IV. CONCLUSIONES

Una vez que se aplique, este método proporcionará a las empresas un marco sistemático para clasificar proveedores sostenibles y apoyar decisiones coherentes con sus estrategias de responsabilidad social y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Este enfoque no solo puede mejorar la transparencia en la selección de proveedores, sino que también fortalece la capacidad de las organizaciones para integrar criterios ambientales y sociales en su gestión operativa.

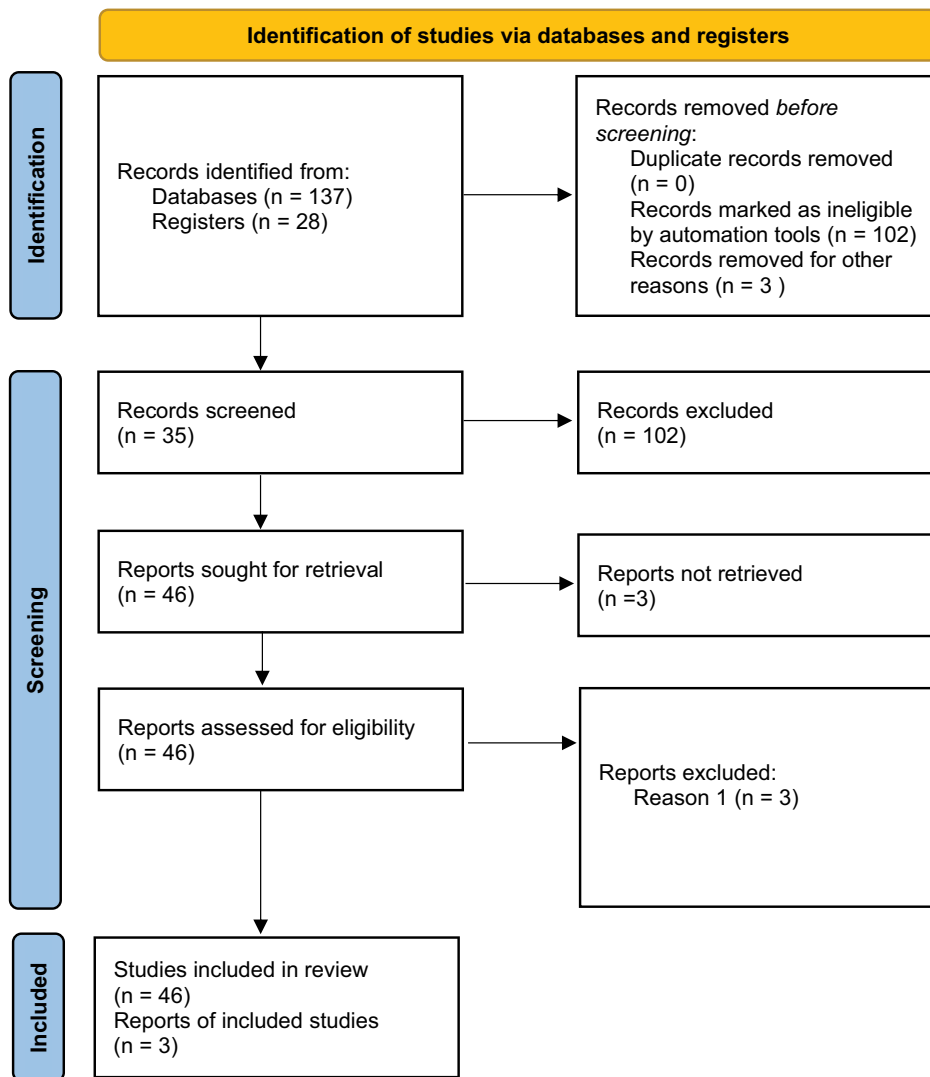
Por último, se sugiere ampliar el estudio hacia modelos híbridos más complejos, como Fuzzy MEREC-G, el cual ayudar a incorporar la lógica difusa para manejar información incierta o subjetiva y para mejorar aún más la aplicabilidad del método en contextos reales relacionadas con el presente tema.

#### REFERENCIAS

- [1] M. Keshavarz-Ghorabae, M. Amiri, E. K. Zavadskas, Z. Turskis y J. Antucheviciene, "Determination of objective weights using a new method based on the removal effects of criteria (MEREC)", *Symmetry*, vol. 13, n.º 4, p. 525, 2021, doi: [10.3390/sym13040525](https://doi.org/10.3390/sym13040525).
- [2] M. S. Saidin, L. S. Lee, S. M. Marjugi, M. Z. Ahmad y H.-V. Seow, "Fuzzy method based on the removal effects of criteria (MEREC) for determining objective weights in multi-criteria decision-making problems", *Mathematics*, vol. 11, n.º 6, p. 1544, 2023, doi: [10.3390/math11061544](https://doi.org/10.3390/math11061544).
- [3] A. Eydi y M. GholamAzad, "Proposing a new integrated MEREC-NDEA algorithm for assessing and selecting the optimal sustainable suppliers: a case study", *Int. Trans. Oper. Res.*, vol. 33, pp. 2411-2440, 2024, doi: [10.1111/itor.13586](https://doi.org/10.1111/itor.13586).
- [4] P. Ghadimi, C. Wang, M. K. Lim y C. Heavey, "Intelligent sustainable supplier selection using multi-agent technology: Theory and application for Industry 4.0 supply chains", *Comput. Ind. Eng.*, vol. 127, pp. 588-600, 2019, doi: [10.1016/j.cie.2018.10.050](https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.050).
- [5] N. Thi, N. Hong y D. X. Thao, "Evaluating the Impact of Weighting Methods on the Stability of Scores for Alternatives in Multi-Criteria Decision-Making Problems", *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 15, n.º 1, pp. 19998-20004, 2025, doi: [10.48084/etasr.9518](https://doi.org/10.48084/etasr.9518).
- [6] M. S. Saidin, L. S. Lee, S. M. Marjugi, M. Z. Ahmad y H.-V. Seow, "Fuzzy method based on the removal effects of criteria (MEREC) for determining objective weights in multi-criteria decision-making problems", *Mathematics*, vol. 11, n.º 6, p. 1544, 2023, doi: [10.3390/math11061544](https://doi.org/10.3390/math11061544).
- [7] G. Shanmugasundar, G. Sapkota, R. Čep y K. Kalita, "Application of MEREC in multi-criteria selection of optimal spray-painting robot", *Processes*, vol. 10, n.º 6, p. 1172, 2022, doi: [10.3390/pr10061172](https://doi.org/10.3390/pr10061172).
- [8] P. Piedra, D. Galván, F. Y. Villamizar y F. R. Arencibia-Pardo, "Selección de proveedores con multicriterio basado en el método PROMHETEE y MEREC", *Mundo FESC*, vol. 14, n.º 29, pp. 37-52, 2024, doi: [10.61799/2216-0388.1609](https://doi.org/10.61799/2216-0388.1609).
- [9] S. Hashemkhani, "Objective weighting in MCDM: A comparative study of CRITIC, ITARA, MEREC, and beyond", *Decis. Mak. Artif. Intell. Trends*, vol. 1, n.º 1, pp. 105-120, 2024.
- [10] E. K. Zavadskas, Z. Turskis y S. Kildienė, "State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods", *Technol. Econ. Dev. Econ.*, vol. 20, n.º 1, pp. 165-179, 2014, doi: [10.3846/20294913.2014.892037](https://doi.org/10.3846/20294913.2014.892037).

## ANEXO 1

### PRISMA 2020 flow diagram for new systematic reviews which included searches of databases and registers only



\*Consider, if feasible to do so, reporting the number of records identified from each database or register searched (rather than the total number across all databases/registers).

\*\*If automation tools were used, indicate how many records were excluded by a human and how many were excluded by automation tools.

Source: Page MJ, et al. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.

This work is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## ANEXO 2

Proveedor	Precio (USD)	Emisiones CO <sub>2</sub> (kg)	Certificación ambiental (%)	Energía Renovable (%)	Plazo entrega días
P1	5.1	175	80	55	8
P2	4.9	210	75	60	9
P3	5.4	190	82	50	10
P4	5	205	78	70	9
P5	5.3	165	88	65	7
P6	4.7	230	70	60	11
P7	5.2	180	85	60	7
P8	5.6	150	92	55	8
P9	4.8	220	80	70	10
P10	5.4	170	87	75	9
P11	5.1	195	83	65	8
P12	5	200	75	80	9