



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Aplicación del Stratified Best and Worst Method utilizando  
ChatGPT para la selección de las líneas estratégicas de  
una empresa de ingeniería

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Avanzada de Producción,  
Logística y Cadena de Suministro

AUTOR/A: Asensio Fortea, Paula

Tutor/a: Rodríguez Rodríguez, Raúl

Cotutor/a: Alfaro Saiz, Juan José

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

# **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a mis tutores Raúl Rodríguez Rodríguez y a Juan José Alfaro Saiz por su orientación, dedicación y apoyo durante la elaboración de este Trabajo Fin de Máster. Su experiencia y consejo han sido fundamentales para la realización de este proyecto, y siempre estaré agradecida por su compromiso y tiempo.

A mi familia y amigos, por su constante confianza y apoyo incondicional a lo largo de todo el máster. Su compañía y sus palabras me han ayudado a mantener el equilibrio y la motivación.

Muchas gracias a todos.

# RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Máster aborda el uso de la herramienta de Inteligencia Artificial, ChatGPT en el ámbito del Método multi-criterio Stratified Best and Worst Method (SBWM). En concreto, se utilizará ChatGPT para la selección de escenarios empresariales y criterios aplicados a una empresa de ingeniería en el ámbito de la gestión del rendimiento. Una vez definidos los criterios y escenarios mediante la herramienta de IA, se procederá a compararlos con la literatura actual y estudios de tendencias del sector de actuación de la empresa. De esta manera, se contrastarán ambos resultados y se podrá evaluar, en este contexto, el grado de utilidad y fiabilidad de ChatGPT. A continuación, se terminará de aplicar el SBWM a dicha empresa con el objetivo de seleccionar sus líneas estratégicas más adecuadas para el corto-medio plazo, pudiendo así realizar una alineación estratégica que resulte entre otras, en una racionalización de sus recursos.

**Palabras clave:** escenarios de negocio, SBWM, gestión del rendimiento, ChatGPT, Inteligencia Artificial.

# RESUM

El present Treball de Fi de Màster aborda l'ús de la ferramenta d'Intel·ligència Artificial, ChatGPT en l'àmbit del Mètode multi-criteri Stratified Best and Worst Method (SBWM). En concret, s'utilitzarà ChatGPT per a la selecció d'escenaris empresarials i criteris aplicats a una empresa d'enginyeria en l'àmbit de la gestió del rendiment. Una vegada definits els criteris i escenaris mitjançant la ferramenta de IA, es procedirà a comparar-los amb la literatura actual i estudis de tendències del sector d'actuació de l'empresa. D'esta manera, es contrastaran tots dos resultats i es podrà avaluar, en este context, el grau d'utilitat i fiabilitat de ChatGPT. A continuació, s'acabarà d'aplicar el SBWM a esta empresa amb l'objectiu de seleccionar les seues línies estratègiques més adequades per al curt-mitjà termini, podent així realitzar una alineació estratègica que resulte entre altres, en una racionalització dels seus recursos.

**Paraules clau:** escenaris de negoci, SBWM, gestió del rendiment, ChatGPT, Intel·ligència Artificial.

# ABSTRACT

This Master Thesis deals with the use of the Artificial Intelligence tool ChatGPT in the field of the Stratified Best and Worst Method (SBWM). Specifically, ChatGPT will be used for the selection of business scenarios and criteria applied to an engineering company in the field of performance management. Once the criteria and scenarios have been defined using the AI tool, they will be compared with current literature and trend studies in the company's sector. In this way, both results will be compared and the degree of usefulness and reliability of ChatGPT can be assessed in this context. Afterwards, the SBWM will be applied to the company in order to select the most appropriate strategic lines for the short-medium term, thus allowing for a strategic alignment that will result, among other things, in a rationalisation of its resources.

**Keywords:** Business scenarios; SBWM; performance management; ChatGPT; Artificial Intelligence.

## Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN .....	9
3. METODOLOGÍA .....	10
3.1 Fases.....	11
3.1.1 Creación del Grupo de Trabajo .....	11
3.1.2 Descripción del SBWM y definición de las alternativas y criterios .....	11
3.1.3 Introducción de IA/ChatGPT en el SBWM.....	15
3.1.4 Aplicación del SBWM considerando ChatGPT .....	17
3.1.5 Análisis de los Resultados.....	17
3.1.6 Implicaciones Prácticas.....	17
4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA .....	19
4.1 La Empresa .....	19
4.1.1 Introducción .....	19
4.1.2 Misión, Visión y Valores .....	19
4.1.3 Productos.....	20
4.1.4 Análisis Financiero .....	22
4.2 Fases.....	24
4.2.1 Creación del Grupo de Trabajo .....	24
4.2.2 Descripción del SBWM y definición de las alternativas y criterios .....	25
4.2.3 Introducción de IA/ChatGPT en el SBWM.....	33
4.2.4. Aplicación del SBWM considerando ChatGPT .....	40
4.2.5 Análisis de Resultados .....	49
4.2.6 Implicaciones Prácticas.....	51
5. CONCLUSIONES .....	56
REFERENCIAS .....	58

## Índice de figuras

Figura 1: Fases de la metodología. Fuente: Elaboración propia.....	10
Figura 2: Primera iteración ChatGPT (1). Fuente: ChatGPT.....	33
Figura 3: Primera iteración ChatGPT (2). Fuente: ChatGPT.....	34
Figura 4: Segunda iteración ChatGPT. Fuente: ChatGPT.....	35
Figura 5: Tercera iteración ChatGPT (1). Fuente: ChatGPT. ....	36
Figura 6: Tercera iteración ChatGPT (2). Fuente: ChatGPT. ....	37
Figura 7: Tercera iteración ChatGPT (3). Fuente: ChatGPT. ....	38
Figura 8: Gráfico de los pesos de los criterios. Fuente: Elaboración propia. ....	46
Figura 9: Gráfico de la priorización de las líneas estratégicas. Fuente: Elaboración propia.....	49

## Índice de tablas

Tabla 1: Escala de puntuaciones. Fuente: Elaboración propia. ....	12
Tabla 2: Datos financieros. Fuente: sabi.informa.es .....	23
Tabla 3: Tabla-resumen de la literatura. Fuente: Elaboración propia. ....	27
Tabla 4: Criterios seleccionados. Fuente: Elaboración propia. ....	41
Tabla 5: Escenarios seleccionados. Fuente: Elaboración propia. ....	42
Tabla 6: Mejores criterios para cada escenario. Fuente: Elaboración propia. ....	42
Tabla 7: Peores criterios para cada escenario. Fuente: Elaboración propia. ....	43
Tabla 8: Pesos ponderados para cada criterio. Fuente: Elaboración propia. ....	43
Tabla 9: Probabilidades de ocurrencia de cada escenario. Fuente: Elaboración propia.....	44
Tabla 10: Creación del polinomio. Fuente: Elaboración propia. ....	45
Tabla 11: Probabilidades ajustadas de cada escenario. Fuente: Elaboración propia.....	45
Tabla 12: Pesos por criterio. Fuente: Elaboración propia. ....	46
Tabla 13: Puntuaciones entre alternativas y criterios. Fuente: Elaboración propia. ....	47
Tabla 14: Relación entre alternativas y criterios. Fuente: Elaboración propia. ....	48
Tabla 15: Líneas estratégicas. Fuente: Elaboración propia. ....	48
Tabla 16: Resultados de cada alternativa. Fuente: Elaboración propia. ....	48
Tabla 17: Costes de implementación. Fuente: Elaboración propia. ....	52
Tabla 18: Beneficios estimados por estrategia. Fuente: Elaboración propia. ....	53
Tabla 19: Comparación beneficios-costes. Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla 20: Resultados del ROI. Fuente: Elaboración propia. ....	55

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Comparación 1. Fuente: (Rezaei, 2015). .....	13
Ecuación 2: Comparación 2. Fuente: (Rezaei, 2015). .....	13
Ecuación 3: Diferencias máximas 1. Fuente: (Rezaei, 2015). .....	13
Ecuación 4: Diferencias máximas 2. Fuente: (Rezaei, 2015). .....	13
Ecuación 5: Polinomio. Fuente: Elaboración propia. ....	45
Ecuación 6: Cálculo del ROI. Fuente: Elaboración propia. ....	54

# 1.INTRODUCCIÓN

En el contexto empresarial actual, la capacidad para tomar decisiones estratégicas informadas y eficientes es fundamental para el éxito y la sostenibilidad de las organizaciones. El desarrollo de metodologías que optimicen la selección de estrategias y la asignación de recursos se ha convertido en una prioridad para las empresas de ingeniería, que operan en un entorno competitivo y en constante evolución. Este Trabajo de Fin de Máster se centra en la aplicación del Método multi-criterio Stratified Best and Worst Method (SBWM), una herramienta de evaluación que permite identificar y seleccionar las estrategias más adecuadas en función de múltiples criterios y teniendo en cuenta posibles escenarios de negocio (eventos).

En particular, este estudio explora la integración de la inteligencia artificial, específicamente ChatGPT, en el proceso de aplicación del SBWM. ChatGPT, como herramienta de IA, ofrece la capacidad de procesar y analizar grandes volúmenes de información, facilitando la definición de criterios y escenarios empresariales relevantes. A través de esta investigación, se puede evaluar la eficacia de ChatGPT en la generación de criterios y la validación de escenarios mediante la comparación con la literatura actual y estudios de tendencias del sector de la ingeniería.

En cuanto a la estructura, el documento se ha dividido en cinco capítulos principales:

- Capítulo 1: Introducción

En este capítulo se ha redactado una breve introducción a este trabajo de fin de máster y a continuación la explicación de la estructura del documento.

- Capítulo 2: Objetivos y justificación

En dicho capítulo, se han presentados los objetivos principales y la justificación de dicho documento en relación con la asignatura cursada en el máster denominada "Sistemas de gestión del rendimiento".

- Capítulo 3: Metodología

En este apartado se explicará la metodología llevada a cabo para la utilización del Stratified Best and Worst Method (SBWM) en la selección de escenarios y criterios, con el objetivo de identificar la alternativa más adecuada para las líneas estratégicas a corto y medio plazo de la empresa elegida. Este procedimiento se realizará en seis fases que se explicarán en cada apartado correspondiente de manera teórica.

- Capítulo 4: Aplicación de la metodología

En dicho capítulo se ejecutarán los pasos descritos en el anterior apartado de manera práctica en la empresa de ingeniería seleccionada.

-Capítulo 5: Conclusiones

En este último apartado se expondrán las conclusiones finales que se han obtenido después de realizar el trabajo.

## 2.OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

El objetivo principal de este TFM es aplicar el SBWM en una empresa de ingeniería para clasificar las líneas estratégicas más adecuadas a corto y medio plazo. La incorporación de ChatGPT en este proceso no solo pretende mejorar la precisión y la relevancia de los criterios definidos, sino también proporcionar una herramienta que facilite una alineación estratégica más efectiva. Al final, este estudio aspira a demostrar cómo la combinación de métodos tradicionales con innovaciones tecnológicas puede conducir a una mejor gestión del rendimiento y, por extensión, a una adecuada racionalización de recursos.

La elección de integrar ChatGPT en la aplicación del SBWM responde a la creciente necesidad de innovar en la forma en que se toman decisiones estratégicas en el ámbito empresarial. La Inteligencia Artificial, y en particular ChatGPT, ofrece un potencial significativo para mejorar la eficiencia y efectividad en la definición de criterios y la generación de escenarios, aspectos cruciales en la gestión del rendimiento.

La relación entre la temática del TFM y la asignatura de “Sistema de Gestión del Rendimiento” es estrecha y relevante. Esta asignatura aborda conceptos fundamentales como la medición y gestión del rendimiento, la evolución de métodos de medición y gestión, y la aplicación de métodos de decisión multi-criterio (MCDM) como el Best-Worst Method. En particular:

- **Medición y gestión del rendimiento:** El TFM se alinea con la comprensión de qué es medir el rendimiento de una organización y la importancia de esta medición para la cadena de suministro (C.S.). La aplicación del SBWM permite una evaluación detallada y estructurada de múltiples criterios, optimizando la medición y gestión del rendimiento.
- **Evolución de métodos de medición/gestión:** La investigación aborda cómo el SBWM y ChatGPT representan una evolución en los métodos actuales de medición y gestión, adaptándose a las necesidades contemporáneas del sector de la ingeniería.
- **Métodos MCDM:** La aplicación del SBWM, un método MCDM, está directamente relacionada con la asignatura, ya que se enfoca en priorizar opciones y gestionar el rendimiento en función de múltiples criterios, alineándose con los objetivos de la asignatura.
- **Sistemas y métodos integrados:** El uso de ChatGPT para definir criterios e identificar escenarios de negocio. Además, la aplicación del SBWM para tomar decisiones estratégicas refleja la integración de métodos avanzados para la gestión del rendimiento, en línea con el enfoque práctico de la asignatura.

Este TFM no solo contribuye al avance en el uso de tecnologías emergentes en la gestión del rendimiento, sino que también proporciona una aplicación práctica de los métodos aprendidos en la asignatura, demostrando cómo la combinación de métodos tradicionales con innovaciones tecnológicas puede mejorar la toma de decisiones y la eficiencia organizacional.

### 3. METODOLOGÍA

En este apartado se describe el enfoque metodológico seguido para llevar a cabo la utilización del Stratified Best and Worst Method (SBWM) en la selección de escenarios y criterios con el fin de seleccionar la mejor alternativa en cuanto a líneas estratégicas a corto y medio plazo de la empresa seleccionada.

Las fases comprenderán desde la creación del grupo de trabajo hasta el análisis de resultados e implicaciones prácticas con un total de 6 fases y que se pueden apreciar en la Figura 1.

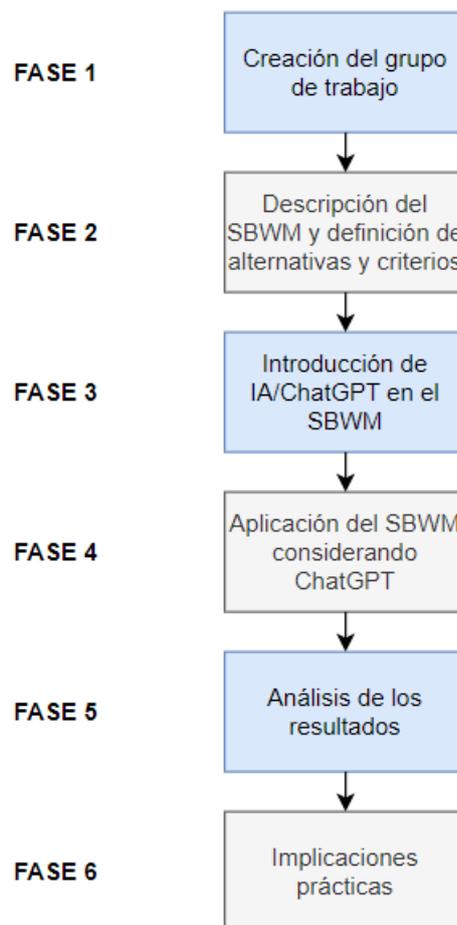


Figura 1: Fases de la metodología. Fuente: Elaboración propia.

## 3.1 Fases

En este apartado se describirán las fases necesarias para llevar a cabo la selección de la línea estratégica más adecuada para una empresa, de entre una lista de alternativas, aplicando para ello el SBWM en base de la elección de una serie de criterios y el uso de la herramienta ChatGPT para la elección de una serie de escenarios de negocio, teniendo en cuenta al mismo tiempo la literatura científica.

### 3.1.1 Creación del Grupo de Trabajo

El grupo de trabajo debe crearse bajo un enfoque ejecutivo, integrando a miembros clave de diversas áreas estratégicas de la empresa, como gerencia, finanzas, operaciones y otros departamentos relevantes. Este equipo multidisciplinar tiene el propósito de garantizar que el proceso de implementación del Stratified Best and Worst Method (SBWM) esté alineado con los objetivos generales de la empresa y que las decisiones tomadas reflejen una visión integral del negocio.

En cuanto al proceso de asignación de puntuaciones, y valoraciones dentro del proceso de implementación del SBWM, las decisiones deberían ser tomadas por consenso entre los miembros del equipo. Este enfoque consensuado garantiza que todos los departamentos y funciones estén alineados en la identificación y priorización de las líneas estratégicas más adecuadas para el corto y medio plazo. En este sentido, cabe destacar que las alternativas son, en esta investigación, las líneas estratégicas definidas por el grupo de trabajo, elegidas por consenso y derivadas de diversos análisis, que se han identificado a partir de los resultados económicos, su misión, su visión y valores, además de la experiencia de los trabajadores.

### 3.1.2 Descripción del SBWM y definición de las alternativas y criterios

El Stratified Best-Worst Method (SBWM) es una técnica multi-criterio reciente utilizada en la toma de decisiones (Torkayesh et al., 2021). Dicho método se basa en el Best and Worst Method (BWM) que permite tomar decisiones en base a unas ponderaciones relativas de varios criterios de manera eficiente y consistente. Sin embargo, el SBWM introduce un enfoque adicional para manejar la incertidumbre y variabilidad en los criterios a lo largo del tiempo, utilizando el concepto de estratificación (CST). Dicho concepto se refiere a un conjunto de estados que se organizan en distintos niveles y un sistema que recibe entradas que determinan su transición entre estos estados. La diferencia principal con otros métodos multicriterio es que el SBWM tiene en cuenta múltiples conjuntos de ponderaciones para los criterios en diversos estados, en lugar de un solo conjunto de ponderaciones. Estas ponderaciones se establecen en cada estado teniendo en cuenta eventos potenciales que podrían ocurrir.

Primero se van a exponer las etapas del BWM ya que está relacionado con el SBWM.

Los pasos del Best and Worst Method son los siguientes:

1. Definición de un conjunto de criterios: Primero, se identifican los criterios que son relevantes para la decisión a tomar  $(c_1, c_2, \dots, c_9)$ .
2. Determinación del mejor y peor criterio: El tomador de decisiones selecciona el criterio que considera más crucial (mejor) y el que considera menos importante (peor).
3. Comparaciones: Se realizan comparaciones entre el mejor criterio y los demás, así como entre el peor criterio y los otros. Estas comparaciones ayudan a establecer la importancia relativa de cada criterio. Dichas comparaciones se computan con números del 1 al 9 según la siguiente escala (Tabla 1):

Tabla 1: Escala de puntuaciones. Fuente: Elaboración propia.

VALOR	DEFINICIÓN
1	Igual importancia
2	Entre igual y moderadamente importante
3	Moderadamente importante
4	Entre moderadamente y mucho más importante
5	Mucho más importante
6	Entre mucho y fuertemente más importante
7	Fuertemente más importante
8	Entre fuertemente y extremadamente más importante
9	Extremadamente más importante

Los resultados de este proceso de comparación se representan mediante el vector “mejor en comparación con otros”:  $A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$  donde  $a_{Bj}$  expresa la preferencia del mejor criterio frente al criterio  $j$ .

En el caso de comparación con el peor criterio, los resultados se expresen con un vector llamado “vector de otros al peor”:  $A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nB})^T$ , donde  $a_{jW}$  representa la preferencia del criterio  $j$  en comparación con el peor criterio  $W$ , y  $a_{WW} = 1$ .

4. Formulación de un problema de optimización: A partir de las comparaciones, se formula un problema de optimización cuyo objetivo es calcular los pesos de los criterios  $(W_1^*, W_2^*, \dots, W_n^*)$  de manera que reflejen las preferencias expresadas de la manera más consistente posible.

(Rezaei, 2015) propuso que para cada par de comparaciones

*Ecuación 1: Comparación 1. Fuente: (Rezaei, 2015).*

$$\frac{W_b}{W_j} = a_{Bj}$$

*Ecuación 2: Comparación 2. Fuente: (Rezaei, 2015).*

$$\frac{W_j}{W_w} = a_{jW}$$

donde  $W_b$  es el peso relativo del mejor criterio,  $W_j$  es el peso relativo del criterio j y  $W_w$  es el peso relativo del peor criterio. Los términos  $a_{Bj}$  y  $a_{jW}$  son elementos clave que describen la relevancia relativa entre los criterios en la comparación por pares.

Para asegurar el cumplimiento de los términos, se reducen al mínimo las diferencias absolutas máximas entre las siguientes fórmulas para todos los criterios, lo que garantiza la máxima coherencia en las ponderaciones asignadas. Esta reducción se lleva a cabo para optimizar el modelo BWM, tomando en cuenta la no negatividad de las ponderaciones y la condición de que su suma sea igual a uno.

*Ecuación 3: Diferencias máximas 1. Fuente: (Rezaei, 2015).*

$$\frac{W_B}{W_j} - a_{Bj}$$

*Ecuación 4: Diferencias máximas 2. Fuente: (Rezaei, 2015).*

$$\frac{W_j}{W_w} - a_{jW}$$

5. Evaluación de la consistencia: Se calcula un índice de consistencia para asegurar que las comparaciones realizadas no sean contradictorias y que los pesos calculados sean fiables. El valor de este índice debe ser lo más próximo a 0 posible ya que este indica que las comparaciones son más correctas y fiables.

En cuanto al SBWM, los pasos a seguir son los siguientes:

1. Escoger un conjunto de criterios.
2. Determinar los posibles escenarios que podrían influir en el proceso de asignación de pesos.
3. Estimar las probabilidades de transición entre los escenarios y crear la matriz de probabilidad de transición. Generalmente, revisar datos históricos e información disponible en línea para obtener la probabilidad de cada evento.

4. Realizar comparaciones por pares entre los criterios para cada estado usando el Best and Worst Method (BWM) en función de la escala de la Tabla 1.
5. Multiplicar las ponderaciones en los estados utilizando la matriz de probabilidad de transición.
6. Elaborar una matriz de alternativas de criterio. En esta matriz, evaluar cada opción según los criterios de selección y asignar una puntuación a cada una.
7. Normalizar los resultados.
8. Multiplicar la matriz de decisiones normalizadas por la matriz de probabilidad de transición. Estos serán los valores finales que reflejarán la preferencia de cada alternativa.

En este trabajo se utiliza el SBWM ya que se ha demostrado que es más eficaz ante este tipo de estudio. Se pueden destacar las siguientes razones:

- Estructuración y jerarquización de criterios: SBWM es eficaz para manejar y organizar criterios en diferentes niveles de importancia. Este método permite una clara estratificación de los criterios, lo que facilita la comparación y priorización en contextos complejos con múltiples dimensiones.
- Comparación de alternativas: SBWM está diseñado para evaluar y comparar alternativas de manera sistemática. Como el objetivo es seleccionar las líneas estratégicas más adecuadas para una empresa, este método proporciona una estructura clara para evaluar cada alternativa en función de los criterios establecidos.
- Adaptabilidad a contextos específicos: El SBWM es particularmente útil en contextos donde es necesario integrar y valorar una variedad de factores, especialmente en la toma de decisiones estratégica en empresas. Su capacidad para adaptarse a diferentes escenarios y criterios lo hace adecuado para análisis complejos.

En conclusión, SBWM se elige por su capacidad para gestionar y evaluar criterios de manera jerárquica y estructurada, adaptándose a contextos específicos y ofreciendo un equilibrio entre complejidad y aplicabilidad. Estos atributos pueden ser cruciales para el éxito de tu análisis en la gestión del rendimiento empresarial.

En cuanto a la definición de las alternativas, que en este caso corresponden a las líneas estratégicas que se adoptarán a corto-medio plazo en la empresa seleccionada, el proceso se llevará a cabo de manera colaborativa por el grupo de trabajo ejecutivo, formado por miembros de gerencia, finanzas, operaciones y otros departamentos clave. Este equipo tiene un conocimiento profundo de las dinámicas y desafíos específicos de la empresa, lo que les permitirá tomar decisiones razonadas sobre cuáles son las alternativas estratégicas más pertinentes a clasificar.

El punto de partida para la selección de estas alternativas será una revisión de los análisis de rendimiento y resultados empresariales obtenidos en los últimos años. El equipo evaluará el desempeño de la empresa en diversas áreas, incluyendo factores como el crecimiento económico, la eficiencia operativa, la competitividad en el mercado, y el uso de recursos. A partir de este análisis, se identificarán patrones, tendencias y áreas de mejora que guiarán la definición de las posibles estrategias a implementar.

Cada línea estratégica identificada será formulada en función de los objetivos empresariales de corto y medio plazo, tomando en cuenta tanto las oportunidades detectadas como los desafíos que enfrenta la empresa en su entorno competitivo. Este proceso implica una evaluación crítica de las posibles rutas de crecimiento, diversificación, optimización de recursos o expansión en nuevos mercados, entre otras alternativas.

Además, el grupo de trabajo no se limitará a seleccionar alternativas basándose únicamente en el pasado. También se considerarán los escenarios futuros proyectados para el sector de la ingeniería, utilizando tendencias de mercado, cambios regulatorios, avances tecnológicos, y cualquier otro factor que pueda influir en la sostenibilidad y crecimiento de la empresa en el futuro cercano.

Por otro lado, el proceso de selección de los criterios para el Stratified Best and Worst Method (SBWM) se desarrollará en cuatro fases:

1. Búsqueda en la base de datos WOS: Se realizará una búsqueda en la base de datos Web of Science (WOS) para identificar estudios recientes y relevantes relacionados con la selección de criterios en empresas de ingeniería y gestión del rendimiento. Los artículos encontrados proporcionarán una base sólida sobre los criterios clave utilizados en contextos similares.
2. Consulta a ChatGPT: Paralelamente, se utilizará ChatGPT para obtener sugerencias adicionales de criterios, basadas en tendencias de mercado y factores emergentes. La IA permitirá acceder a información actualizada y complementar los hallazgos académicos con una perspectiva más dinámica e industrial.
3. Comparación de resultados: Se compararán los criterios obtenidos de ambas fuentes (WOS y ChatGPT), buscando puntos de convergencia y evaluando aquellos que sean más relevantes para la empresa. Esta fase permitirá refinar la lista de criterios a considerar.
4. Selección por el grupo de trabajo: Finalmente, el grupo de trabajo ejecutivo revisará los criterios preseleccionados y se priorizarán según su relevancia estratégica, viabilidad y alineación con los objetivos de corto y medio plazo de la organización. Además, los escenarios que se elegirán para llevar a cabo el método serán derivados de los criterios seleccionados.

### *3.1.3 Introducción de IA/ChatGPT en el SBWM*

ChatGPT, como herramienta de Inteligencia Artificial, ofrece capacidades avanzadas en procesamiento de lenguaje natural y análisis de datos que pueden ser extremadamente útiles en la definición y evaluación de escenarios de negocio. Su integración en el proceso de definición de criterios permite una automatización y enriquecimiento del análisis que facilita la identificación y exploración de opciones estratégicas relevantes.

Esta herramienta de IA puede ayudar a generar una amplia variedad de criterios a partir de datos iniciales y parámetros específicos. Su capacidad para analizar grandes volúmenes de texto y datos le permite identificar patrones, tendencias y factores emergentes que podrían influir en el entorno empresarial.

ChatGPT puede analizar informes de tendencias del sector, artículos de investigación y noticias para identificar factores emergentes que podrían afectar a la empresa. Basándose en la información y en la literatura relevante, ChatGPT puede sugerir criterios alternativos que podrían no ser evidentes a primera vista. Esto incluye posibles cambios en el mercado, nuevas tecnologías o cambios regulatorios.

En el contexto del SBWM, ChatGPT puede ser especialmente útil en la fase de selección de criterios. En esta fase, la herramienta ayuda a generar una lista preliminar de criterios a partir de una amplia gama de datos y fuentes. ChatGPT permite automatizar y diversificar la creación de criterios al procesar grandes volúmenes de información y considerar una variedad de factores que podrían no ser evidentes de inmediato. La capacidad de ChatGPT para identificar y analizar tendencias emergentes y cambios regulatorios asegura que los criterios propuestos estén actualizados con respecto a las condiciones actuales del mercado y del entorno normativo.

ChatGPT puede ajustar los criterios propuestos en función de las especificaciones del negocio, como su tamaño, mercado objetivo, y capacidades operativas. La herramienta puede proporcionar análisis comparativos y validar la viabilidad de los criterios basándose en datos históricos y estudios de caso similares.

Además, ChatGPT puede crear informes que describan cada criterio, incluyendo oportunidades, riesgos y recomendaciones estratégicas. También podrá sugerir criterios basados en innovaciones tecnológicas o cambios en el entorno competitivo que podrían ser relevantes para el negocio. Además, será capaz de identificar y recomendar la inclusión de factores externos que podrían impactar en los criterios, como cambios en la regulación, políticas económicas, o eventos globales.

Por tanto, la utilización de esta herramienta de inteligencia artificial tiene multitud de beneficios. Entre ellos, se destacan la eficiencia y velocidad ya que ChatGPT puede procesar información y generar criterios en un tiempo mucho menor que el análisis manual, lo que acelera el proceso de toma de decisiones. Además, la automatización de la generación de criterios reduce la carga de trabajo para los analistas y permite una exploración más amplia de opciones.

También se resalta la capacidad de ChatGPT para analizar grandes volúmenes de datos que permite una evaluación más detallada de posibles criterios innovadores y no convencionales que podrían haber sido pasados por alto en un análisis tradicional.

Por tanto, ChatGPT proporciona los criterios basados en un análisis detallado de datos y tendencias y, por consiguiente, la selección, por parte del grupo de trabajo, de los escenarios de negocio. Los resultados generados por la herramienta deben interpretarse considerando varios factores:

- Validez de los criterios: Evaluar si los criterios propuestos son realistas y relevantes para el contexto específico de la empresa.
- Innovación y creatividad: Analizar la novedad y la aplicabilidad de los criterios generados, y cómo estos se alinean con las tendencias actuales del sector.
- Relevancia de la información: Verificar la precisión y la utilidad de la información proporcionada por ChatGPT en la formulación de los criterios.

Además, también se compararán estos resultados obtenidos por la inteligencia artificial con la literatura actual realizando búsquedas en bases de datos como Web Of Science (WOS).

En resumen, la integración de esta herramienta de IA en el proceso de definición de criterios específicos y su posterior selección de escenarios de negocio, proporciona una ventaja significativa al combinar la capacidad de análisis de datos con la creatividad y la capacidad de generación de ideas. Su uso no solo facilita la creación de criterios diversos y bien fundamentados, sino que también aporta eficiencia y profundidad al análisis estratégico, apoyando así una toma de decisiones más informada y efectiva.

### *3.1.4 Aplicación del SBWM considerando ChatGPT*

En este apartado se aplicaría el SBWM considerando ChatGPT tal como se ha presentado anteriormente, a una empresa en concreto. Se seguirían los pasos y actividades presentadas por parte del equipo de trabajo definido.

### *3.1.5 Análisis de los Resultados*

El análisis de resultados es una fase crítica en cualquier investigación multicriterio, ya que permite interpretar y evaluar las alternativas generadas en función de los criterios definidos y teniendo en cuenta los escenarios de negocio identificados. Este apartado explora cómo se interpretan los resultados obtenidos, siendo el principal resultado final una lista priorizada de las diferentes alternativas propuestas (líneas estratégicas).

La interpretación y evaluación detallada de los resultados permiten una comprensión profunda de los criterios y escenarios propuestos facilitando la selección de estrategias efectivas y alineadas con los objetivos empresariales.

### *3.1.6 Implicaciones Prácticas*

El análisis de los resultados obtenidos tiene como objetivo proporcionar una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en una empresa. Este apartado teórico se enfoca en cómo el ranking de alternativas obtenido del análisis se traduce en acciones concretas para implementar la línea estratégica seleccionada. En este sentido, es necesarios establecer que dichas acciones concretas conllevarán una movilización de recursos por la empresa en particular por lo que, cuando más concretas y bien definidas sean esas acciones, mejor podrá la empresa racionalizar sus recursos y alcanzar la línea estratégica seleccionada.

Es crucial analizar el contexto en el que se aplican estas alternativas, considerando factores como los recursos disponibles, las capacidades organizativas y las condiciones del mercado. La evaluación debe incluir si la empresa cuenta con los recursos y

capacidades necesarios para implementar las alternativas altamente clasificadas y cómo las condiciones del mercado pueden influir en la viabilidad y el éxito de cada alternativa.

Para la alternativa que ocupa el primer lugar en el ranking, es necesario definir acciones específicas para su implementación. Estas acciones deben estar alineadas con los objetivos estratégicos y operativos de la empresa. Por ejemplo, crear planes de acción detallados que describan los pasos necesarios para implementar cada alternativa. Estos planes deben incluir metas, plazos y responsables. También realizar una designación de recursos necesarios para llevar a cabo la alternativa seleccionada, incluyendo presupuesto, personal y tecnología. Esto puede incluir cambios en procesos, estructura organizativa o estrategias de comunicación.

También se añadirá un análisis económico donde se calcularán los costes de la implementación y los beneficios de llevar a la cabo las estrategias resultantes. Asimismo, se agregará el cálculo del ratio ROI (Retorno de la Inversión).

En resumen, la traducción de los resultados del análisis multicriterio en acciones prácticas es un paso crucial para alcanzar la línea estratégica seleccionada. Mediante el desarrollo de planes de acción detallados, la asignación adecuada de recursos y la implementación de estrategias efectivas, la empresa puede lograr una alineación estratégica y mejorar su desempeño. La gestión del cambio y el monitoreo continuo aseguran que la implementación sea exitosa y que los objetivos estratégicos se cumplan de manera efectiva.

## 4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

En este apartado se aplica la metodología presentada, compuesta de las seis fases descritas en el anterior apartado. El estudio se ha realizado para una empresa concreta de ingeniería que se describe a continuación.

### 4.1 La Empresa

#### 4.1.1 Introducción

Se presenta una empresa de ingeniería dedicada a los suministros industriales, fundada en 2006 por dos ingenieros. Son líderes en el campo de los ensayos no destructivos (NDT), lo que les ha valido el reconocimiento como empresa NEOTEC por parte del CDTI (Organismo Oficial del Ministerio de Industria), recibiendo fondos para el desarrollo de productos comercializables en la industria. En 2019, la Comisión Europea reconoció a la empresa como una de las empresas más innovadoras. NDT (*Non-Destructive Testing*), cuyo significado es ensayos no destructivos, consiste en realizar pruebas en productos sin dañarlos.

Esta empresa tecnológica innovadora se especializa en ensayos no destructivos para fabricantes de metales, con un enfoque particular en el acero. Su labor incluye la fabricación e instalación de dispositivos que realizan estos ensayos utilizando corrientes inducidas, visión artificial e inteligencia artificial. Además, ofrecen cursos de formación impartidos por profesionales altamente cualificados.

Operan en diversos sectores de fabricación, como laminación, hilo, barra, tubo, piezas y soluciones especiales. Entre sus productos principales se encuentran HOTdiscover, EDDYeyes, ROTODiscover, ENdiscover, WELdiscover, MATdiscover y DEFdiscover.

La empresa está ubicada en el Parque Tecnológico de Boecillo, Valladolid, y cuenta con 44 empleados distribuidos en 10 departamentos, entre ellos I+D+i, compras, instalaciones y fabricación, entre otros.

#### 4.1.2 Misión, Visión y Valores

En este apartado se detallarán la misión, visión y valores de la empresa a partir de los cuales, conjuntamente con el análisis financiero, se identifican las alternativas (líneas estratégicas) del estudio.

- Misión

Desarrollar la tecnología más avanzada y aplicarla al sector específico del mercado, liderando en el campo de los ensayos no destructivos (NDT).

- Visión

Su visión es ser reconocidos como un referente destacado en el control de calidad en la industria metalúrgica, mejorando la competitividad y el rendimiento de sus clientes mientras cumplen con los compromisos de sostenibilidad medioambiental y seguridad industrial. Desarrollan sistemas adecuados para la industria 4.0 y mantienen la rentabilidad de los productos al reducir costes con proyectos llave en mano.

- Valores

En la empresa, reconocemos que nuestro equipo es nuestro recurso más valioso. Valoramos el talento y la humanidad. Nos dedicamos a crear ambientes de trabajo confortables, sólidos y estables para el desarrollo personal de nuestros empleados, garantizando valores como fiabilidad, seguridad y protección, confianza y compromiso con nuestro personal.

### 4.1.3 Productos

En esta empresa, especializada en la tecnología de la fabricación de metales se desarrollan productos innovadores que se emplean para detectar y clasificar defectos superficiales.

Existen 9 productos principales que son los siguientes:

#### ❖ MASSdiscover

Es una máquina diseñada para medir el flujo de masa de productos largos a alta temperatura en tiempo real. Alcanza una temperatura máxima de 1200 grados y opera a una velocidad de 120 m/s. Se emplea en procesos de laminación.

MASSdiscover calcula en tiempo real la sección transversal de los materiales laminados en diferentes puntos del tren de laminación. Sus principales funciones incluyen el control en los puntos más críticos, la detección de variaciones milimétricas en la sección transversal durante la producción, todo sin contacto con el material. Además, destaca por requerir un mantenimiento mínimo y tener una desviación inferior al 1%.

#### ❖ HOTdiscover

Es una máquina diseñada para detectar defectos superficiales en productos laminados en caliente utilizando corrientes inducidas. El producto puede alcanzar una temperatura máxima de 1200 grados y se desplaza a una velocidad de 200 m/s. La máquina tiene una tasa de detección de defectos del 99% y se emplea en procesos de laminación.

Esta solución se basa en la avanzada electrónica del HOTAnalyzer, combinada con un sistema mecánico refrigerado por agua y aire, en el que se alojan las sondas encapsuladas. Su mantenimiento es de bajo costo, ya que fue diseñada para minimizar el uso de componentes consumibles como sondas de reparación o tubos guía. Además, el cambio de una sonda de diámetro se realiza en menos de un minuto.

#### ❖ ROTODiscover

El ROTODiscover detecta defectos superficiales longitudinales en inspecciones en frío, operando a 1900 rpm y con diámetros mínimos de 2 mm, ideal para procesos de hilo, barra y tubo. Su alta fiabilidad, versatilidad en configuraciones y facilidad de ajuste a distintas frecuencias lo hacen eficiente y resistente. Además, requiere poco mantenimiento y ofrece un manejo preciso gracias a su control de elevación y opciones de configuración de bobinas.

#### ❖ ENdiscover

Es un sistema que identifica defectos superficiales puntuales en inspecciones en frío. Este proceso es robusto, repetitivo y permite un rápido cambio de sonda, pudiendo realizarse con o sin magnetización. Se aplica en materiales como hilo, barra y tubo.

El sistema es apto para materiales magnéticos y no ferromagnéticos. Las soluciones ENdiscover permiten caracterizar materiales al detectar cambios en sus propiedades físicas, como la dureza o la conductividad, y utilizan una electrónica digital de última generación.

#### ❖ WELdiscover

Esta solución se emplea para detectar defectos superficiales en soldaduras de tubos de gran tamaño, con un cambio rápido de sonda en menos de un minuto, y puede realizarse con o sin magnetización.

WELdiscover se distingue por utilizar bobinas segmentadas, envolventes, planas o adaptables de última generación, tanto digitales como electrónicas. Además, incorpora un soporte rediseñado para mejorar su rendimiento. Es capaz de identificar defectos de 1 mm en tubos a una velocidad de 120 m/min, con la sonda a una distancia de 1,5 mm.

#### ❖ MATdiscover

Esta máquina se encarga de clasificar materiales metálicos. Utiliza sondas adaptables según la geometría de las piezas, clasificándolas en función de propiedades físicas como la dureza o la conductividad. Se aplica a barras, tubos y otras piezas.

Es una herramienta muy eficaz para clasificar materiales en tiempo real según sus propiedades físicas. Esta solución ha sido diseñada especialmente para fabricantes de piezas automotrices y de tornillería que buscan garantizar un control de calidad en su proceso de producción, mejorando así la garantía de calidad.

#### ❖ DEFdiscover

Este sistema identifica defectos en piezas, utilizando sondas adaptables según la geometría, permitiendo la detección en cualquier parte de la superficie. Se aplica en tubos y otras piezas.

El DEFdiscover es ideal para entornos de producción que requieren un equipo compacto, resistente y confiable en la línea de fabricación. Es especialmente solicitado por fabricantes

de piezas automotrices y componentes como tuercas y tornillos. Esta solución permite una clasificación eficiente de defectos en cualquier sección de la superficie del producto, con una detección precisa y confiable.

#### ❖ EDDYeyes

Esta solución fue lanzada en 2015 y se basa en la combinación de corrientes de Foucault, visión artificial e inteligencia artificial. Se utiliza en laminadores.

El EDDYeyes es la solución ideal para procesos de fabricación de productos largos. Aunque cada tecnología por separado tiene limitaciones, su integración resuelve estos problemas. El sistema puede manejar productos a temperaturas de hasta 1200 grados y a una velocidad estándar de 150 m/s. Su tasa de detección de defectos superficiales alcanza el 99%.

El módulo Eddy es parte de la gama de soluciones de la empresa, como el HOTdiscover y el WELdiscover. Su funcionamiento es eficiente, específico e intuitivo. Cuando el sistema detecta un defecto, emite una señal al sistema EYES, que captura una imagen y la relaciona con el defecto identificado.

#### ❖ Desmagnetizadoras

Las desmagnetizadoras permiten alcanzar la intensidad de campo magnético necesaria a una frecuencia óptima para eliminar el magnetismo residual de los componentes. Pueden ajustar tanto la frecuencia como la corriente.

La gama de este producto varía desde la talla 1 hasta la talla 5, cubriendo diámetros de 5 a 230 mm, lo que permite adaptarse a diferentes tamaños de componentes que se necesiten desmagnetizar.

### *4.1.4 Análisis Financiero*

En el análisis de los datos financieros de la empresa, abarcando desde el año 2016 hasta el 2023, se pueden observar una evolución significativa en varios aspectos clave. Este análisis no solo revela las tendencias en los ingresos y beneficios, sino también la gestión de activos, la estructura de capital, y la eficiencia operativa de la empresa a lo largo de los años. Al examinar estos datos, se pueden identificar patrones de crecimiento y áreas de mejora que proporcionan una visión integral de la salud financiera de la empresa. En particular, destacan la tendencia al alza en los ingresos de explotación, el comportamiento variable de la rentabilidad, y una gestión prudente del endeudamiento. Además, el aumento constante en el número de empleados refleja un crecimiento sostenido en las operaciones de la empresa. A continuación, se presentan los detalles más relevantes de este análisis financiero.

Los datos han sido extraídos de la base de datos SABI (sabi.informa.es) donde gracias a la UPV se puede acceder mediante las credenciales de la intranet de la universidad. Esta herramienta proporciona información detallada sobre muchas empresas permitiendo a los usuarios acceder a los datos financieros y económicos más importantes de las compañías.

Tabla 2: Datos financieros. Fuente: *sabi.informa.es*

Cuentas No Consolidadas	31/12/2023 EUR	31/12/2022 EUR	31/12/2021 EUR	31/12/2020 EUR	31/12/2019 EUR	31/12/2018 EUR	31/12/2017 EUR	31/12/2016 EUR
	12 meses Pendiente de tratamiento PYME PGC 2007	12 meses Aprobado PYME PGC 2007	12 meses Aprobado Abreviado PGC 2007	12 meses Salvedades Abreviado PGC 2007	12 meses Favorable con incertidumbres Abreviado PGC 2007	12 meses Favorable con incertidumbres Abreviado PGC 2007	12 meses Favorable con incertidumbres Abreviado PGC 2007	12 meses Pendiente de tratamiento Abreviado PGC 2007
Ingresos de explotación	3.704.021	4.415.868	2.498.324	1.889.623	2.611.113	1.565.772	1.096.372	1.370.413
Result. ordinarios antes Impuestos	262.371	926.306	35.088	63.474	464.789	218.384	-112.902	-20.045
Resultado del Ejercicio	304.268	823.010	112.980	161.762	396.525	291.810	14.410	29.984
Total Activo	8.246.483	8.487.585	6.640.698	6.549.341	5.284.000	5.399.806	4.818.624	4.507.044
Fondos propios	4.170.331	3.408.389	2.208.284	2.499.219	2.196.337	1.794.558	1.472.334	1.437.155
Rentabilidad económica (%)	3,18	10,91	0,53	0,97	8,80	4,04	-2,34	-0,44
Rentabilidad financiera (%)	6,29	27,18	1,59	2,54	21,16	12,17	-7,67	-1,39
Liquidez general	1,36	1,36	1,20	1,21	0,85	0,56	0,59	0,80
Endeudamiento (%)	49,43	59,84	66,75	61,84	58,43	66,77	69,44	68,11
Número empleados	44	35	33	28	24	23	22	22

La Tabla 2 muestra los datos financieros desde 2016 hasta 2023 para la empresa seleccionada. Se puede observar que indica los valores de los ingresos de explotación, resultados ordinarios antes de impuestos, resultado del ejercicio, total activo y fondos propios. Además, también proporciona las rentabilidades económica y financiera, la liquidez general y el endeudamiento, así como el número de empleados.

En cuanto a los ingresos de explotación, hay una tendencia general al alza en este parámetro alcanzando el máximo en 2022. Esto indica una variabilidad en la capacidad de generación de ingresos en la empresa. Con respecto a el resultado ordinario antes de impuestos, este indicador también presenta fluctuaciones. Aunque la empresa tuvo fuertes beneficios en 2022, experimentó una disminución en la rentabilidad el año siguiente.

El beneficio neto refleja la tendencia observada en los anteriores indicadores, así como su activo total muestra un crecimiento constante a lo largo de los años. En cuanto a los fondos propios, se observa que la empresa ha sido capaz de retener las ganancias.

En los ratios de rentabilidad económica y financiera se observa mucha variabilidad. En el caso de la económica hubo un pico significativo en 2022 del 10,91% y una caída al 3,18% en el 2023. Al igual que en la económica, la rentabilidad financiera alcanzó su pico en 2022 y cayó en el año 2023 por lo que esto refleja el retorno sobre el capital propios y sus fluctuaciones a lo largo de los años.

El ratio de liquidez se ha mantenido relativamente estable indicando que la empresa mantiene un nivel adecuado de activos líquidos para cubrir sus pasivos a corto plazo. Con lo que respecta al endeudamiento, dicho ratio muestra una tendencia baja alcanzando el 49,43% en 2023 frente al 66,75% en 2020. Esto indica que la empresa ha estado reduciendo su dependencia de la deuda según pasaban los años. También, el número de empleados ha aumentado significativamente debido al crecimiento y expansión de la compañía.

## 4.2 Fases

En este apartado se irán aplicando las fases anteriormente descritas desde un punto de vista práctico sobre la empresa de ingeniería elegida.

### 4.2.1 Creación del Grupo de Trabajo

La creación del grupo de trabajo fue un paso fundamental para el desarrollo de este estudio debido a que, para la selección de criterios y escenarios, así como para las diferentes valoraciones cuantitativas llevadas a cabo, es necesario contar con personal de la empresa que domine los datos e información de la empresa, así como su interpretación. También la experiencia en la empresa es un factor a destacar ya que un trabajador que lleva muchos años formando parte del equipo sabrá manejar la información de manera más efectiva y rápida.

El grupo de trabajo se ha formado con el propósito de proporcionar un soporte experto en la implementación del método multi-criterio Stratified Best and Worst Method (SBWM) en el contexto de la empresa de ingeniería. Este equipo fue clave para la selección y evaluación de los escenarios empresariales, así como para la definición de los criterios aplicados, garantizando la validez de los resultados obtenidos.

Para la selección de los miembros del grupo de trabajo, se establecieron criterios específicos centrados en la experiencia profesional y el conocimiento profundo del sector. Se buscó incorporar a individuos con roles clave dentro de la empresa, quienes no solo cuentan con un entendimiento detallado del negocio, sino también con la capacidad de evaluar los criterios de rendimiento de manera crítica y objetiva.

Además, se priorizó la diversidad y representatividad en la composición del grupo, asegurando la inclusión de diferentes departamentos y niveles jerárquicos. Esto permitió recoger una variedad de perspectivas y conocimientos que enriquecieron el proceso de toma de decisiones.

El equipo está compuesto por cinco miembros, cada uno con roles claramente definidos: un experto en la empresa que en este caso se trata del CEO, dos jefes de departamento tales como el de I+D+i y el de instalaciones, y por último un analista de datos que conoce a la perfección la empresa. También, la alumna formaba parte de dicho grupo de trabajo llevando a cabo actividades de guía para la implementación del SBWM, así como dando opinión en las diferentes valoraciones. Además, todas las decisiones se toman por consenso, como la puntuación y asignación de pesos en el SBWM, entre otros.

El trabajo del grupo se organizó en sesiones regulares, planificadas con una frecuencia semanal. Se utilizaron herramientas de colaboración como Microsoft Teams para facilitar la comunicación y el intercambio de información entre los miembros, además de reuniones presenciales cada dos semanas.

## 4.2.2 Descripción del SBWM y definición de las alternativas y criterios

### - Definición de las alternativas

El resultado final de aplicar el Stratified Best and Worst Method (SBWM) es la priorización de una serie de alternativas (líneas estratégicas) que este método genera al comparar y valorar los diferentes criterios y escenarios seleccionados. En este caso concreto, el grupo de trabajo ha decidido evaluar un total de seis alternativas estratégicas, seleccionadas por consenso tras una revisión exhaustiva de los datos y análisis de la empresa en los últimos años.

Estas alternativas representan distintas direcciones estratégicas que la empresa podría tomar a corto y medio plazo. Las seis opciones elegidas son:

- Excelencia operacional (A1): Esta alternativa busca optimizar la eficiencia de los procesos internos, mejorando la productividad y reduciendo costes. La excelencia operacional se centra en la mejora continua y en la adopción de las mejores prácticas para lograr una ejecución impecable de las operaciones, asegurando que la empresa sea competitiva y rentable.
- Diferenciación de producto (A2): La diferenciación como estrategia está orientada a desarrollar y ofrecer productos o servicios que se destaquen en el mercado por características únicas o valor añadido. Esto puede incluir innovaciones tecnológicas, calidad superior o un enfoque en personalización que permita a la empresa ganar una ventaja competitiva frente a sus competidores.
- Innovación (A3): En este contexto, la innovación se refiere no solo a la creación de nuevos productos o servicios, sino también a la capacidad de la empresa para adoptar y desarrollar nuevas tecnologías, procesos o modelos de negocio. La innovación se considera un motor clave para el crecimiento a largo plazo, ayudando a la empresa a mantenerse competitiva en un entorno cambiante.
- Transformación digital (A4): Esta alternativa se centra en la integración de tecnologías digitales en todos los aspectos del negocio, lo que implica la digitalización de procesos, la adopción de tecnologías emergentes (como inteligencia artificial y automatización) y la mejora del análisis de datos para la toma de decisiones. La transformación digital busca mejorar la agilidad y capacidad de adaptación de la empresa.
- Desarrollo sostenible (A5): La sostenibilidad se está convirtiendo en una prioridad estratégica para muchas empresas, y en este caso, se evalúa la implementación de prácticas que reduzcan el impacto ambiental y fomenten un crecimiento responsable. Esto podría incluir la adopción de energías renovables, la reducción de emisiones o la implementación de una economía circular.

- Capacitación y desarrollo del personal (A6): Esta alternativa pone el foco en el recurso más valioso de la empresa: su capital humano. Se evaluará el desarrollo de programas de formación y capacitación continua para los empleados, con el objetivo de mejorar sus habilidades, promover la innovación y aumentar la productividad. La inversión en talento humano es crucial para asegurar la competitividad a largo plazo.
- Definición de los criterios

Se va a decidir qué criterios se van a seleccionar para el posterior desarrollo del Stratified Best and Worst Method (SBWM). En primer lugar, se mostrarán los criterios encontrados en la literatura actual. Para ello, se ha realizado una búsqueda de artículos en la base de datos WOS (Web of Science). Para esto, se ha llevado a cabo la siguiente cadena de búsqueda: (“Best and Worst Method” OR “BWM” OR “SBWM”) AND “engineering sector”. También se ha realizado la búsqueda con las palabras clave: “engineering” AND “criterio” AND “multicriteria” AND “MCDA”.

A continuación, se muestra una tabla (Tabla 3) donde se puede observar la referencia del artículo, título, autores, año y los criterios globales que destacan dichos artículos, en las diferentes columnas.

Tabla 3: Tabla-resumen de la literatura. Fuente: Elaboración propia.

Artículo	Título	Autores	Año	Criterios
1 (Alhammad et al., 2022)	Optimal Solar Plant Site Identification Using GIS and Remote Sensing: Framework and Case Study	Abdulaziz Alhammad; Qian (Chayn) Sun; Yaguang Tao	2022	-Económico -Medioambiental -Climático
2 (Contreras-Masse et al., 2020)	Implementing a Novel Use of Multicriteria Decision Analysis to Select IIoT Platforms for Smart Manufacturing	Roberto Contreras-Masse; Alberto Ochoa-Zezzatti; Vicente García; Luis Pérez-Dominguez; Mayra Elizondo-Cortés	2020	-Técnico -Económico -Social
3 (Hosseini et al., 2022)	Sustainable supplier selection and order allocation under demand, supplier availability and supplier grading uncertainties	Zahra Sadat Hosseini; Simme Douwe Flapper; Mohammadali Pirayesh	2022	-Economía -Medioambiente -Social

<p><b>4</b> (Kannan et al., 2022)</p>	<p>Barrier analysis for carbon regulatory environmental policies implementation in manufacturing supply chains to achieve zero carbon</p>	<p>Devika Kannan; Rahul Solanki; Arshia Kaul, P.C. Jha</p>	<p>2022</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Economía</li> <li>-Social</li> <li>-Medioambiente</li> <li>-Técnico</li> <li>-Organizacional</li> </ul>
<p><b>5</b> (Javad et al., 2020)</p>	<p>Green supplier selection for the steel industry using BWM and fuzzy TOPSIS: A case study of Khuzestan steel company</p>	<p>Mahsa Oroojeni Mohammad Javad; Maryam Darvishi; Arash Oroojeni Mohammad Javad</p>	<p>2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Colaboraciones</li> <li>-Inversiones medioambientales y beneficios económicos</li> <li>-Disponibilidad de recursos y competencias ecológicas</li> <li>-Iniciativas de gestión medioambiental</li> <li>-Iniciativas en investigación y diseño</li> <li>-Capacidad de compra ecológica</li> <li>-Obligaciones reglamentarias, presiones y demanda del mercado</li> </ul>
<p><b>6</b> (Pons et al., 2016)</p>	<p>The Use of MIVES as a Sustainability Assessment MCDM Method for Architecture and Civil Engineering Applications</p>	<p>Oriol Pons; Albert de la Fuente; Antonio Aguado</p>	<p>2016</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Económico</li> <li>-Medioambiente</li> <li>-Social</li> </ul>

<p><b>7</b> (Ribeiro et al., 2013)</p>	<p>Evaluating future scenarios for the power generation sector using a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) tool: The Portuguese case</p>	<p>Fernando Ribeiro; Paula Ferreira; Madalena Araújo</p>	<p>2013</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Costes</li> <li>-Industria nacional</li> <li>-Dependencia energética</li> <li>-Empleo</li> <li>-Impacto visual</li> <li>-Ruido</li> <li>-Ingresos locales</li> <li>-Diversidad de la mezcla</li> <li>-Tasa de potencia</li> <li>-Inversión en la red</li> <li>-Emisiones de CO2</li> <li>-Uso del suelo</li> </ul>
<p><b>8</b> (Salimi &amp; Rezaei, 2018)</p>	<p>Evaluating firms' R &amp; D performance using best worst method</p>	<p>Negin Salimi; Jafar Rezaei</p>	<p>2018</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Perspectiva del cliente</li> <li>-Perspectiva empresarial interna</li> <li>-Perspectiva de innovación y aprendizaje</li> <li>-Perspectiva financiera</li> </ul>
<p><b>9</b> (Tavana et al., 2023)</p>	<p>A general Best-Worst method considering interdependency with application to innovation and technology assessment at NASA</p>	<p>Madjid Tavana; Hassan Mina; Francisco J. Santos-Arteaga</p>	<p>2023</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Seguridad</li> <li>-Ingeniería de sistemas</li> <li>-Ahorro de costes</li> <li>-Mejora de procesos</li> <li>-Confiabilidad</li> <li>-Implementación</li> </ul>
<p><b>10</b> (Zhao et al., 2019)</p>	<p>Comprehensive assessment for battery energy storage systems based on fuzzy-MCDM considering risk preferences</p>	<p>Haoran Zhao; Sen Guo; Huiru Zhao</p>	<p>2019</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tecnología</li> <li>-Economía</li> <li>-Medioambiente</li> <li>-Rendimiento</li> <li>-Social</li> </ul>

Como se puede observar, hay una gran variedad de criterios utilizados para la toma de decisiones con distintos métodos multicriterio en el sector de la ingeniería.

(Alhammad et al., 2022) realizó un estudio en el que desarrolla un marco MCDA espacial adaptado a la región de Al-Qassim, utilizando herramientas SIG como la clasificación ráster Random Forest (RF) y el model builder. El objetivo es identificar los sitios óptimos para centrales solares, considerando la producción potencial de electricidad fotovoltaica (PVOOUT). Los criterios elegidos son las carreteras, las líneas eléctricas, las áreas protegidas y las imágenes satélites entre otros.

En cuanto al artículo de (Contreras-Masse et al., 2020), presenta una metodología innovadora y criterios detallados para apoyar a las organizaciones en la toma de decisiones informadas mediante el análisis multicriterio. Se propone un uso novedoso de PROMETHEE-II, ilustrado con un ejemplo completo que abarca desde el cálculo de los pesos hasta la selección de una plataforma IIoT, demostrando que esta metodología es efectiva para otras organizaciones que buscan elegir una plataforma IIoT. Entre los criterios seleccionados destacan la seguridad, los protocolos de comunicación, el coste y los recursos disponibles.

Por ejemplo, (Hosseini et al., 2022) ha clasificado los criterios en varios grupos que son: economía, medioambiente y social. Este artículo trata los principales desafíos en la toma de decisiones durante la selección de proveedores y la asignación de pedidos bajo incertidumbre. Con respecto a los criterios elegidos, dentro de economía, diferencia la calidad, coste, entrega y servicio del producto, capacidad tecnológica y financiera, relación a largo plazo (continuidad) y flexibilidad. En el ámbito del medioambiente, se destacan los sistemas de gestión ambiental, diseño y compra ecológica, empaque y etiquetado ecológico, contaminación ambiental y gestión de residuos y gestión del consumo de energía. Y en el tercer grupo, el social, resaltan la salud y seguridad ocupacional, compromiso social, derechos de los empleados y salarios y horas de trabajo.

(Kannan et al., 2022) también realiza una división parecida a (Hosseini et al., 2022b) ya que caracteriza los criterios en función a la economía, social, medioambiente, técnico y organizacional. Dicho documento presenta un método para analizar las barreras políticas regulatorias de carbono en países en desarrollo con el fin de reducir las emisiones y lograr sostenibilidad ambiental. En el ámbito económico se pueden diferenciar los costes de producción más altos, falta de financiamiento inicial, incertidumbre relacionada con cuestiones económicas y los costes ocultos. En cuanto al área social destacan la baja educación, problemas de comportamiento irregular, desempleo, falta de demanda social y la falta de presión de las partes interesadas en la adopción de políticas. Al hablar de medioambiente, se mencionan el diseño de bajo carbono, emisiones de producción excesivas, falta de logística inversa interna y falta de responsabilidad por los desechos de producción. En el campo tecnológico se indican la falta de previsión, falta de intercambio de información, crecimiento del sector informal y la falta de mano de obra cualificada. Y en el grupo organizacional destacan las faltas de marco legal y de investigación y desarrollo, el miedo a cambiar a un nuevo sistema y la falta de expertos, de apoyo a las autoridades y el gobierno, de responsabilidad de los actores de la cadena de suministro y de herramientas para medir.

En el caso de (Javad et al., 2020), el estudio tiene como objetivo seleccionar a los proveedores de Khouzestan Steel Company (KSC) según su capacidad de innovación ecológica. Se identifican proveedores alternativos y se determinan los criterios más

efectivos para su selección basada en dicha capacidad. En cuanto a los criterios, se pueden destacar las colaboraciones con institutos de investigación y laboratorios y desarrollo de las capacidades de los proveedores. En relación con la economía, se puede resaltar la reducción de costes y el aumento de la productividad y del rendimiento de la empresa. También señalar las instalaciones de reciclaje ecológicas y las iniciativas de reducción al carbono, en lo que respecta al medioambiente. Con respecto a las iniciativas de gestión ambiental, hay que recalcar el compromiso medioambiental de la empresa y la gestión medioambiental interna. Además, el diseño de productos energéticamente eficientes y las inversiones en I+D también son importantes en el ámbito de las iniciativas de investigación y diseño. Este artículo también apunta la compra de materias primas respetuosas con el medio ambiente y las presiones competitivas para superar a los competidores.

(Pons et al., 2016) revisa los principales métodos de evaluación de la sostenibilidad en la construcción, comparando sus fortalezas y debilidades, y se centra en los desafíos del método MIVES. MIVES, basado en la toma de decisiones multicriterio y consultas a expertos, es analizado en términos de sus ventajas, limitaciones y aplicaciones. Además, se detalla su ámbito de aplicación y el uso general de las principales herramientas de evaluación. En los criterios económicos hay que destacar el coste y el tiempo; en el ámbito medioambiental señala la extracción y fabricación de los materiales, el transporte, la construcción y montaje; y en el área social, la adaptabilidad a cambios y la seguridad de los usuarios.

En el caso de (Ribeiro et al., 2013), el autor creó una herramienta de Análisis Multicriterio (MCDA) para evaluar diferentes escenarios de generación eléctrica. Implementada en Excel, utiliza datos de un modelo de optimización de enteros mixtos para generar esquemas óptimos bajo distintos supuestos. El MCDA clasifica escenarios según su rendimiento en varios criterios que incluyen economía, mercado laboral, calidad de vida, y aspectos técnicos y ambientales.

(Salimi & Rezaei, 2018) ha elaborado un estudio de una PYME de alta tecnología en los Países Bajos que busca evaluar el desempeño de la I+D atendiendo a su rendimiento considerando los distintos niveles de relevancia de las medidas de la investigación y el desarrollo. Para llevar a cabo el BWM, utiliza criterios basados en las perspectivas de los clientes como su estimación profesional, la perspectiva empresarial interna midiendo la velocidad, la perspectiva de innovación y aprendizaje contabilizando el número de patentes, y la perspectiva financiera registrando los beneficios debidos a I+D.

(Tavana et al., 2023) propone un nuevo BWM que ofrece resultados más fiables con un nivel alto de coherencia en problemas con criterios interdependientes. El caso a estudiar involucra a los proyectos avanzados de tecnología e innovación de la NASA. Los criterios utilizados para llevar a cabo el método multicriterio se basan en la seguridad, la ingeniería de sistemas, el ahorro de costes, la mejora de procesos, la confiabilidad y la implementación.

En cuanto al artículo de (Zhao et al., 2019), presenta la utilización de un método que combina el enfoque de Fuzzy-Delphi y el Best and Worst para priorizar los diversos sistemas de almacenamiento de energía en baterías. Los criterios utilizados se dividen en grupo como la tecnología, destacando el ciclo de vida y la seguridad y la economía en la que se recalca el coste de la capacidad de la batería y el tiempo de recuperación de costes. En cuanto al medioambiente, señalar la importancia de la eficacia del ahorro energético y

la reducción de emisiones, y en el ámbito del rendimiento, la eficiencia e intensidad energética. Con respecto al contexto social, hay que destacar la reducción de la capacidad de reserva del sistema.

En conclusión, en el sector de la ingeniería, se emplean diversos métodos multicriterio para la toma de decisiones, aplicando criterios que abarcan aspectos económicos, sociales, ambientales, tecnológicos y organizacionales. Estos criterios suelen enfocarse en factores como eficiencia operativa, sostenibilidad, innovación tecnológica, seguridad y reducción de costes. La integración de herramientas como el análisis espacial, la gestión de proveedores y la evaluación de sostenibilidad permite a las empresas optimizar recursos y tomar decisiones más informadas y equilibradas. Esto demuestra la relevancia de adaptar los métodos multicriterio según el contexto y las necesidades específicas del sector.

### 4.2.3 Introducción de IA/ChatGPT en el SBWM

En este apartado se desarrollarán las preguntas realizadas y las respuestas dadas por la Inteligencia Artificial para seleccionar los criterios a utilizar en el SBWM.

En primer lugar, se debe informar a la inteligencia artificial qué es lo que se está realizando, es decir, poner en contexto a la herramienta para después pedirle exactamente lo que se está buscando. En este caso, se le ha informado de la realización del SBWM sobre una empresa de ingeniería.

Posteriormente, se han dado datos más específicos de la empresa para que la IA pueda precisar más sus respuestas. Como se puede observar, ChatGPT ha dado una respuesta breve y escueta sobre los criterios buscados.

En este caso, la herramienta de IA ha seleccionado los siguientes criterios: calidad del servicio, innovación tecnológica, satisfacción del cliente, eficiencia operativa, rentabilidad, cumplimiento de normativas, capacitación y desarrollo del personal, reputación en el mercado y sostenibilidad y responsabilidad social.

Estoy realizando un trabajo para la posterior aplicación del Stratified Best and Worst Method de una empresa de ingeniería, ahora te digo sus datos



Perfecto, estaré encantado de ayudarte con el Stratified Best and Worst Method (SBWM). Proporcióname los datos de la empresa y cualquier información adicional que consideres relevante, y te ayudaré a analizarlos.

La empresa es del sector de la ingeniería y se encarga de realizar ensayos no destructivos para fabricantes de metales, especialmente del acero. Su labor incluye la fabricación e instalación de dispositivos que realizan estos ensayos utilizando corrientes inducidas. Dicha empresa tiene 44 empleados. Sus ingresos de explotación ascienden a 3704021€. Necesito que me digas 9 criterios relacionados con esta empresa para la realización del SBWM

Figura 2: Primera iteración ChatGPT (1). Fuente: ChatGPT.



Claro, para aplicar el Stratified Best and Worst Method (SBWM) a una empresa de ingeniería que se especializa en ensayos no destructivos, es fundamental identificar criterios que reflejen aspectos clave de su desempeño y operación. Aquí te propongo 9 criterios que podrían ser relevantes:

1. **Calidad del Servicio:** Evaluar la precisión y fiabilidad de los ensayos no destructivos realizados. Esto incluye la capacidad de detectar defectos con precisión y la consistencia en la calidad del servicio.
2. **Innovación Tecnológica:** Medir la capacidad de la empresa para desarrollar o integrar nuevas tecnologías en sus dispositivos de ensayo, así como su participación en investigación y desarrollo (I+D).
3. **Satisfacción del Cliente:** Considerar la satisfacción de los clientes con los servicios proporcionados, que puede incluir encuestas de satisfacción y la frecuencia de recomendaciones.
4. **Eficiencia Operativa:** Evaluar la eficiencia en la operación de los ensayos, la gestión de proyectos, y la optimización de recursos. Esto también puede incluir la relación entre costos operativos y resultados obtenidos.
5. **Rentabilidad:** Analizar la rentabilidad de la empresa, considerando márgenes de ganancia, retorno sobre la inversión (ROI), y la relación entre ingresos y costos.
6. **Cumplimiento de Normativas:** Revisar el grado en que la empresa cumple con las normativas y estándares internacionales y locales en materia de ensayos no destructivos y seguridad.
7. **Capacitación y Desarrollo del Personal:** Evaluar el nivel de formación y desarrollo profesional de los empleados, así como la inversión en su capacitación y el impacto en la calidad del servicio.
8. **Reputación en el Mercado:** Medir la reputación de la empresa en la industria del acero y en el mercado de ensayos no destructivos, incluyendo la percepción de la marca y su posicionamiento competitivo.
9. **Sostenibilidad y Responsabilidad Social:** Analizar las prácticas de sostenibilidad y responsabilidad social de la empresa, incluyendo el impacto ambiental de sus operaciones y las iniciativas sociales.

*Figura 3: Primera iteración ChatGPT (2). Fuente: ChatGPT.*

En la siguiente iteración, se ha detallado de manera más específica cuál es el objetivo de la aplicación del método multi-criterio por tanto la IA ha podido pulir de forma más exhaustiva su respuesta mostrando unos criterios más específicos adecuándose a las líneas operativas a corto-medio plazo.

Por tanto, ChatGPT ha seleccionado los criterios: impacto en la rentabilidad, mejora en la eficiencia operativa, atractivo para los clientes, capacidad de implementación, ventaja competitiva, flexibilidad y adaptabilidad, mejora en la innovación, impacto en la sostenibilidad y desarrollo del capital humano.



El SBWM se va a utilizar para incorporar una nueva línea estratégica a corto-medio plazo, las cuales son: excelencia operacional, diferenciación de producto, innovación, transformación digital, desarrollo sostenible y capacitación y desarrollo del personal. El método multicriterio nos ayudará a decidir cuál debemos integrar en dicha empresa de ingeniería



Dado que el objetivo del SBWM es seleccionar la línea estratégica más adecuada para la empresa en el corto-medio plazo, es esencial identificar criterios que estén alineados con las necesidades y capacidades actuales de la empresa, así como con las oportunidades que ofrecen estas estrategias. Aquí tienes 9 criterios específicos para la evaluación:

1. **Impacto en la Rentabilidad:** Evaluar cómo cada estrategia podría afectar la rentabilidad de la empresa, considerando tanto los costos de implementación como los beneficios financieros a corto y medio plazo.
2. **Mejora de la Eficiencia Operativa:** Analizar el potencial de cada estrategia para optimizar procesos, reducir desperdicios, y mejorar la productividad.
3. **Atractivo para los Clientes:** Considerar la capacidad de cada estrategia para aumentar la satisfacción del cliente, atraer nuevos clientes y fidelizar a los existentes.
4. **Capacidad de Implementación:** Evaluar la facilidad con la que la empresa puede implementar cada estrategia, considerando recursos disponibles, conocimiento técnico, y tiempo necesario.
5. **Ventaja Competitiva:** Analizar si la estrategia contribuirá a diferenciar a la empresa de sus competidores, mejorando su posición en el mercado.
6. **Flexibilidad y Adaptabilidad:** Considerar si la estrategia permite a la empresa adaptarse rápidamente a cambios en el mercado o en la tecnología, manteniendo su relevancia a medio plazo.
7. **Mejora en la Innovación:** Evaluar el potencial de cada estrategia para impulsar la innovación dentro de la empresa, ya sea en productos, procesos, o modelos de negocio.
8. **Impacto en la Sostenibilidad:** Analizar cómo cada estrategia contribuirá a la sostenibilidad ambiental y social de la empresa, cumpliendo con regulaciones y expectativas de los stakeholders.
9. **Desarrollo del Capital Humano:** Evaluar el efecto de cada estrategia en la formación, motivación y retención de los empleados, asegurando que el personal esté capacitado para enfrentar los retos futuros.

*Figura 4: Segunda iteración ChatGPT. Fuente: ChatGPT.*

En la tercera iteración, se le ha indicado que se base en literatura actual sobre las empresas del sector así como las puestas en práctica reales. De esta forma, la respuesta obtenida ha sido más precisa y detallada que las anteriores. Estas se asemejan más a la literatura actual investigada y explicada en el anterior apartado.

Por tanto, los criterios seleccionados por la IA en esta tercera iteración son: capacidad para reducir costos operativos, incremento en la fiabilidad y calidad del producto, adopción y avance tecnológico, satisfacción y retención del cliente, capacitación y desarrollo del personal técnico, impacto en la sostenibilidad y cumplimiento normativo, flexibilidad para adaptarse a cambios en el mercado, potencial para desarrollar nuevas líneas de negocio y mejora de la eficiencia en la cadena de suministro.

Podrías basarte en la literatura actual sobre las empresas de ingeniería para darme una respuesta más acertada así como en la puesta en práctica de este tipo de empresas para llevar a cabo dicho plan



Para proporcionar una respuesta más precisa basada en la literatura actual y las prácticas comunes en las empresas de ingeniería, voy a reformular los criterios teniendo en cuenta la naturaleza específica del sector, las tendencias recientes y los desafíos típicos que enfrentan estas empresas. Aquí te presento una versión refinada de los criterios, fundamentada en estudios y prácticas actuales en el sector de la ingeniería:

### 1. Capacidad para Reducir Costos Operativos

- **Literatura y Práctica:** En el sector de la ingeniería, la **excelencia operacional** es fundamental para mantener la competitividad. Estrategias que promueven la optimización de procesos, automatización y mejora de la cadena de suministro pueden reducir significativamente los costos operativos.
- **Relevancia:** Este criterio es crucial para evaluar cómo una nueva estrategia podría mejorar la eficiencia y reducir gastos innecesarios.

### 2. Incremento en la Fiabilidad y Calidad del Producto

- **Literatura y Práctica:** La **diferenciación de producto** en empresas de ingeniería depende en gran medida de la fiabilidad y la calidad percibida por los clientes. Innovaciones que mejoren la precisión de los ensayos no destructivos y la durabilidad de los dispositivos serán clave.
- **Relevancia:** Evaluar el impacto de la estrategia en la calidad del producto es esencial para mantener la confianza del cliente y una ventaja competitiva.

### 3. Adopción y Avance Tecnológico

- **Literatura y Práctica:** La **innovación y la transformación digital** son motores críticos de crecimiento en la ingeniería. Las empresas que adoptan nuevas tecnologías como el análisis de datos, la inteligencia artificial y la automatización logran una mayor competitividad.
- **Relevancia:** Este criterio mide cómo la estrategia fomenta la adopción de tecnologías emergentes, mejorando tanto la operación como el producto.

Figura 5: Tercera iteración ChatGPT (1). Fuente: ChatGPT.

#### 4. Satisfacción y Retención del Cliente

- **Literatura y Práctica:** En un sector donde las relaciones a largo plazo son clave, las estrategias deben enfocarse en mejorar la **satisfacción del cliente** y asegurar la fidelidad mediante la entrega de soluciones personalizadas y de alto valor añadido.
- **Relevancia:** Evaluar cómo la estrategia afectará la relación con los clientes es crucial para mantener y expandir la base de clientes.

#### 5. Capacitación y Desarrollo del Personal Técnico

- **Literatura y Práctica:** La **capacitación continua** es vital en empresas de ingeniería, donde el avance tecnológico requiere habilidades constantemente actualizadas. Programas de desarrollo profesional no solo mejoran la calidad del trabajo, sino que también son fundamentales para la retención de talento.
- **Relevancia:** Este criterio mide el impacto de la estrategia en el desarrollo de competencias clave en el personal, crucial para mantener la competitividad técnica.

#### 6. Impacto en la Sostenibilidad y Cumplimiento Normativo

- **Literatura y Práctica:** La **sostenibilidad** se ha convertido en un factor clave en el sector de la ingeniería, no solo por razones ambientales, sino también debido a la presión regulatoria. Estrategias que reducen el impacto ambiental y cumplen con las normativas pueden mejorar la reputación y evitar sanciones.
- **Relevancia:** Este criterio evalúa la capacidad de la estrategia para mejorar el cumplimiento regulatorio y promover prácticas sostenibles.

#### 7. Flexibilidad para Adaptarse a Cambios en el Mercado

- **Literatura y Práctica:** La **adaptabilidad** es crucial en un entorno donde los avances tecnológicos y las fluctuaciones del mercado son constantes. Estrategias que permiten una rápida adaptación a cambios en la demanda o en las normativas son esenciales.
- **Relevancia:** Este criterio mide la capacidad de la empresa para permanecer competitiva frente a cambios repentinos o disruptivos.

*Figura 6: Tercera iteración ChatGPT (2). Fuente: ChatGPT.*

## 8. Potencial para Desarrollar Nuevas Líneas de Negocio

- **Literatura y Práctica:** Empresas de ingeniería con visión a medio y largo plazo buscan diversificar sus fuentes de ingresos. La **innovación** y la **diferenciación de producto** pueden abrir nuevas líneas de negocio, como servicios complementarios o productos avanzados.
- **Relevancia:** Evaluar si la estrategia facilita la diversificación del negocio y la creación de nuevas oportunidades de ingresos es clave para el crecimiento sostenido.

## 9. Mejora de la Eficiencia en la Cadena de Suministro

- **Literatura y Práctica:** La **excelencia operacional** también se refleja en la gestión eficiente de la cadena de suministro. Estrategias que mejoran la logística, reducen tiempos de entrega y optimizan inventarios son críticas en la ingeniería.
- **Relevancia:** Este criterio mide cómo la estrategia influirá en la cadena de suministro, afectando la capacidad de la empresa para entregar productos de manera rápida y eficiente.

*Figura 7: Tercera iteración ChatGPT (3). Fuente: ChatGPT.*

A continuación se muestra un resumen sobre los criterios seleccionados por la herramienta de IA, ChatGPT.

En la primera iteración:

- Calidad del servicio
- Innovación tecnológica
- Satisfacción del cliente
- Eficiencia operativa
- Rentabilidad
- Cumplimiento de normativas
- Capacitación y desarrollo del personal
- Reputación del mercado
- Sostenibilidad y responsabilidad social

En la segunda iteración:

- Impacto en la rentabilidad
- Mejora en la eficiencia operativa
- Atractivo para los clientes
- Capacidad de implementación
- Ventaja competitiva
- Flexibilidad y adaptabilidad
- Mejora en la innovación
- Impacto en la sostenibilidad
- Desarrollo del capital humano

En la tercera iteración:

- Capacidad para reducir costos operativos
- Incremento en la fiabilidad y calidad del producto
- Adopción y avance tecnológico
- Satisfacción y retención del cliente
- Capacitación y desarrollo del personal técnico
- Impacto en la sostenibilidad y cumplimiento normativo
- Flexibilidad para adaptarse a cambios en el mercado
- Potencial para desarrollar nuevas líneas de negocio
- Mejora de la eficiencia en la cadena de suministro

En conclusión, la herramienta de Inteligencia Artificial ha contribuido a la elección de criterios alineados con las premisas pedidas así como una explicación de cada de ellos. Esto permitirá que el grupo de trabajo utilice el SBWM de manera eficaz para seleccionar los criterios más adecuados para la empresa, así como los escenarios en consenso y relacionados con todo el análisis realizado. Se puede observar que todos los criterios seleccionados por la IA, están realcionados entre sí pero a medida que avanzaba la conversación con la herramienta se detallaba más la información adaptándose a la información proporcionada.

#### 4.2.4. Aplicación del SBWM considerando ChatGPT

Para aplicar la metodología SBWM se han seguido los pasos descritos en el documento de (Torkayesh et al., 2021) explicados anteriormente. A partir de esto, se detallan y explican los pasos indicados.

##### 1. Escoger un conjunto de criterios

En base a la literatura científica y a la herramienta de la IA, ChatGPT, el grupo de trabajo ha definido los nueve criterios más importantes para llevar a cabo el SBWM. De esta forma, el grupo de trabajo ha realizado una comparación entre los resultados de ambos procesos y ha concluido la elección de los siguientes criterios:

- Calidad del producto (C1): Evalúa el grado en que los productos ofrecidos por la empresa cumplen con las especificaciones técnicas, normativas y las expectativas de los clientes en términos de durabilidad, precisión y rendimiento.
- Sostenibilidad (C2): Mide el impacto ambiental de las operaciones de la empresa, considerando la eficiencia energética, el uso de materiales reciclables y la minimización de residuos, así como su alineación con las normativas de sostenibilidad.
- Avance tecnológico (C3): Analiza el grado de innovación y adopción de nuevas tecnologías en los productos y procesos de la empresa, incluyendo la digitalización, automatización, y el desarrollo de soluciones compatibles con la Industria 4.0.
- Satisfacción del cliente (C4): Mide el nivel de satisfacción de los clientes en relación con los productos y servicios proporcionados, tomando en cuenta factores como la calidad, el servicio postventa y la respuesta a las necesidades específicas del cliente.
- Coste del producto (C5): Evalúa el coste asociado a la fabricación, desarrollo y comercialización del producto, tanto en términos de coste directo como indirecto.
- Seguridad (C6): Analiza el nivel de seguridad que los productos y procesos de la empresa ofrecen tanto para los operarios como para los usuarios finales, cumpliendo con normativas de seguridad industrial.
- Mejora de los procesos (C7): Mide la capacidad de la empresa para optimizar sus procesos productivos y operativos, buscando constantemente eficiencias que reduzcan tiempos, costes y aumenten la calidad.
- Eficiencia de la cadena de suministro (C8): Evalúa la capacidad de la cadena de suministro para entregar los materiales y componentes necesarios en tiempo y forma, minimizando costos logísticos y optimizando inventarios.
- Capacidad de implementación (C9): Mide la factibilidad y facilidad con la que una nueva estrategia, tecnología o proceso puede ser implementado dentro de la empresa, considerando los recursos disponibles, el tiempo necesario y las barreras potenciales.

Tabla 4: Criterios seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

Criterios	
C1	Calidad del producto
C2	Sostenibilidad
C3	Avance tecnológico
C4	Satisfacción del cliente
C5	Coste del producto
C6	Seguridad
C7	Mejora de los procesos
C8	Eficiencia de la cadena de suministro
C9	Capacidad de implementación

## 2. Determinar los escenarios

La elección de los escenarios se ha llevado a cabo a través del grupo de trabajo en base a la revisión literaria de los criterios, así como el uso de la herramienta ChatGPT, debido a que los escenarios están estrechamente relacionados con el conjunto de criterios seleccionados, además de la realización de un análisis detallado de la situación de la empresa. Se han determinado estos ocho escenarios:

- Todo sigue igual (E1): En este escenario, el entorno de la empresa se mantiene estable, sin cambios significativos en los factores externos o internos. Las condiciones del mercado, la competencia, las regulaciones, y el acceso a recursos se mantienen constantes, permitiendo que la empresa siga operando como lo ha hecho hasta ahora.
- Incremento de la competencia directa (E2): En dicho escenario, nuevos competidores entran al mercado o los competidores existentes mejoran sus capacidades, lo que aumenta la competencia en el sector. Estos competidores pueden ofrecer productos o servicios similares a precios más bajos, con mayor calidad o innovaciones tecnológicas.
- Cambios en las normativas medioambientales (E3): Este escenario supone la implementación de nuevas regulaciones o normativas más estrictas en materia de sostenibilidad y medio ambiente. Esto puede incluir mayores restricciones en el uso de materiales contaminantes, requisitos para la reducción de emisiones, o la obligación de adoptar tecnologías más limpias.
- Escasez de recursos necesarios para la fabricación (E4): En dicho escenario, la disponibilidad de materias primas o componentes esenciales para la fabricación se reduce, ya sea por problemas en la cadena de suministro global, conflictos geopolíticos, cambios en la demanda o agotamiento de recursos naturales.
- Combinación de los escenarios 2 y 3 (E5): Engloba al incremento de la competencia directa y a los cambios en las normativas medioambientales.
- Combinación de los escenarios 2 y 4 (E6): Incluye al incremento de la competencia directa y a la escasez de recursos necesarios para la fabricación.

- Combinación de los escenarios 3 y 4 (E7): Engloba a los cambios en las normativas medioambientales y a la escasez de recursos necesarios para la fabricación.
- Combinación de los escenarios 2, 3 y 4 (E8): Incluye al incremento de la competencia directa, los cambios en las normativas medioambientales y a la escasez de recursos necesarios para la fabricación.

Tabla 5: Escenarios seleccionados. Fuente: Elaboración propia.

Escenarios	
<b>E1</b>	Todo sigue igual
<b>E2</b>	Incremento de la competencia directa
<b>E3</b>	Cambios en las normativas medioambientales
<b>E4</b>	Escasez de recursos necesarios para la fabricación
<b>E5</b>	E2 y E3
<b>E6</b>	E2 y E4
<b>E7</b>	E3 y E4
<b>E8</b>	E2, E3, y E4

### 3. Selección de los mejores/peores criterios en cada escenario

Se han definido los mejores y peores criterios para cada escenario. Esta elección ha sido consensuada por el grupo de trabajo puntuando con los valores respectivos de la escala de puntuaciones (Tabla 1).

Por ejemplo, en la Tabla 6 y Tabla 7, para el escenario 1, el criterio más importante es la satisfacción del cliente (C4) y el menos importante corresponde a la capacidad de implementación. Por tanto, se han dado valores con respecto a dichos criterios (mejor y peor). Este proceso se ha repetido con todos los escenarios existentes.

Tabla 6: Mejores criterios para cada escenario. Fuente: Elaboración propia.

	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>
<b>Best</b>	<b>C4</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C5</b>	<b>C4</b>	<b>C8</b>	<b>C2</b>	<b>C8</b>
<b>C1</b>	2	1	4	3	2	2	3	3
<b>C2</b>	6	9	1	7	3	8	1	2
<b>C3</b>	4	3	3	5	2	4	4	4
<b>C4</b>	1	2	5	4	1	3	5	6
<b>C5</b>	5	4	7	1	7	2	7	8
<b>C6</b>	3	5	3	4	3	5	5	6
<b>C7</b>	7	6	4	3	4	3	2	4
<b>C8</b>	6	3	5	2	4	1	4	1
<b>C9</b>	9	6	2	4	5	5	5	3

Tabla 7: Peores criterios para cada escenario. Fuente: Elaboración propia.

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
<b>Worst</b>	<b>C9</b>	<b>C2</b>	<b>C5</b>	<b>C2</b>	<b>C5</b>	<b>C2</b>	<b>C5</b>	<b>C5</b>
<b>C1</b>	8	9	7	8	8	8	8	7
<b>C2</b>	5	1	9	1	7	1	9	6
<b>C3</b>	6	7	6	6	6	6	6	7
<b>C4</b>	9	8	6	7	9	8	7	5
<b>C5</b>	7	6	1	9	1	6	1	1
<b>C6</b>	7	5	7	6	7	4	6	6
<b>C7</b>	4	4	5	6	6	8	7	7
<b>C8</b>	5	7	6	8	5	9	8	8
<b>C9</b>	1	5	8	7	4	5	6	6

#### 4. Cálculo de los pesos ponderados para cada criterio

Para hallar los pesos ponderados de cada criterio, se han llevado a cabo los pasos determinados por (Rezaei, 2015) explicados anteriormente.

Tabla 8: Pesos ponderados para cada criterio. Fuente: Elaboración propia.

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
<b>C1</b>	0,19272974	0,28765852	0,08656224	0,11345219	0,1551865	0,15803336	0,12224289	0,11764706
<b>C2</b>	0,06424325	0,02474482	0,25968673	0,02431118	0,10345766	0,02194908	0,26707414	0,17647059
<b>C3</b>	0,09636487	0,11753789	0,11541632	0,06807131	0,1551865	0,07901668	0,09168217	0,08823529
<b>C4</b>	0,29831212	0,17630684	0,06924979	0,08508914	0,24094745	0,10535558	0,07334573	0,05882353
<b>C5</b>	0,0770919	0,08815342	0,02473207	0,25526742	0,02450313	0,15803336	0,02391709	0,02352941
<b>C6</b>	0,12848649	0,07052273	0,11541632	0,08508914	0,10345766	0,06321335	0,07334573	0,05882353
<b>C7</b>	0,05506564	0,05876895	0,08656224	0,11345219	0,07759325	0,10535558	0,18336434	0,08823529
<b>C8</b>	0,06424325	0,11753789	0,06924979	0,17017828	0,07759325	0,24582968	0,09168217	0,27058824
<b>C9</b>	0,02346275	0,05876895	0,17312448	0,08508914	0,0620746	0,06321335	0,07334573	0,11764706
<b>Ksi</b>	<b>0,08714736</b>	<b>0,06495515</b>	<b>0,08656224</b>	<b>0,08508914</b>	<b>0,06942554</b>	<b>0,07023705</b>	<b>0,09965453</b>	<b>0,08235294</b>

Se puede observar que en la Tabla 8, también se muestra el valor del Ksi, índice de consistencia. Todos los valores están comprendidos entre 0 y 0,1. Esto indica que hay coherencia entre las comparaciones realizadas entre los criterios en cada escenario correspondiente.

## 5. Probabilidad de cada escenario

La tabla muestra los diferentes escenarios y sus respectivas probabilidades de ocurrencia. Cada escenario representa una situación particular que podría afectar a la empresa, y la probabilidad asociada indica la posibilidad de que ese escenario se materialice. Estos valores han sido elegidos por el equipo de trabajo en función del análisis del mercado y la situación actual de las empresas del sector.

Tabla 9: Probabilidades de ocurrencia de cada escenario. Fuente: Elaboración propia.

	<b>Escenario</b>	<b>Probabilidad</b>
<b>E1</b>	Todo sigue igual	0,1
<b>E2</b>	Incremento de la competencia directa	0,7
<b>E3</b>	Cambios en las normativas medioambientales	0,5
<b>E4</b>	Escasez de recursos necesarios para la fabricación	0,35
<b>E5</b>	E2 y E3	0,35
<b>E6</b>	E2 y E4	0,245
<b>E7</b>	E3 y E4	0,175
<b>E8</b>	E2, E3, y E4	0,1225

El escenario 1, que considera que todo sigue igual, tiene una probabilidad del 10% (0,1). Este es el escenario menos probable, ya que sugiere que no habrá cambios significativos en el entorno actual de la empresa.

El escenario 2 aborda el incremento de la competencia directa, con una probabilidad del 70% (0,7). Este es el escenario más probable, indicando una alta posibilidad de que la competencia en el mercado aumente y afecte a la empresa.

El escenario 3 se refiere a cambios en las normativas medioambientales, con una probabilidad del 50% (0,5). Este escenario tiene una probabilidad moderada y sugiere que es razonablemente probable que se produzcan nuevas regulaciones que impacten en las operaciones de la empresa.

El escenario 4 describe una escasez de recursos necesarios para la fabricación, con una probabilidad del 35% (0,35). Este escenario tiene una probabilidad más baja en comparación con los anteriores, indicando que la falta de recursos es menos probable pero aún relevante.

Los escenarios 5, 6, 7 y 8 tienen una probabilidad menor ya que son la combinación de dos o tres de ellos, pero tienen un mayor impacto.

A continuación, se ha generado un polinomio de tercer grado que se utiliza para la estimación de probabilidades de que cada escenario sea seleccionado. Esto permite modelar las probabilidades de selección de manera flexible, capturando posibles no linealidades en las preferencias del equipo de trabajo.

Tabla 10: Creación del polinomio. Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Probabilidad	P as f(P1)	Polinomio	
E1	0,1	1P1	x	16,5P1
E2	0,7	7P1	x	
E3	0,5	5P1	x	
E4	0,35	3,5P1	x	
E5	0,35	35P1	x <sup>2</sup>	77P1 <sup>2</sup>
E6	0,245	24,5P1	x <sup>2</sup>	
E7	0,175	17,5P1	x <sup>2</sup>	
E8	0,1225	122,5P1	x <sup>3</sup>	122,5P1 <sup>3</sup>

El polinomio de tercer grado resultante es el siguiente:

Ecuación 5: Polinomio. Fuente: Elaboración propia.

$$112,5P1^3 + 77P1^2 + 16,5P1 = 1$$

Se ha calculado el valor de P1, que corresponde a 0,048687184. En consecuencia, del anterior cálculo, se han hallado las probabilidades de cada escenario (Tabla 11).

Tabla 11: Probabilidades ajustadas de cada escenario. Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Probabilidad
E1	0,04868718
E2	0,34081029
E3	0,24343592
E4	0,17040514
E5	0,08296546
E6	0,05807583
E7	0,04148273
E8	0,01413774

## 6. Pesos por criterio

Seguidamente, se han calculado los pesos de cada criterio teniendo en cuenta los pesos ponderados de la Tabla 8 y las probabilidades ajustadas de cada escenario indicadas en la Tabla 11.

Tabla 12: Pesos por criterio. Fuente: Elaboración propia.

Criterio	Pesos
C1	0,17661292
C2	0,10235292
C3	0,10696079
C4	0,13595182
C5	0,09585217
C6	0,08901542
C7	0,08452532
C8	0,11738614
C9	0,0913428

A continuación, se muestra un gráfico donde se puede comparar visualmente los pesos de los criterios.

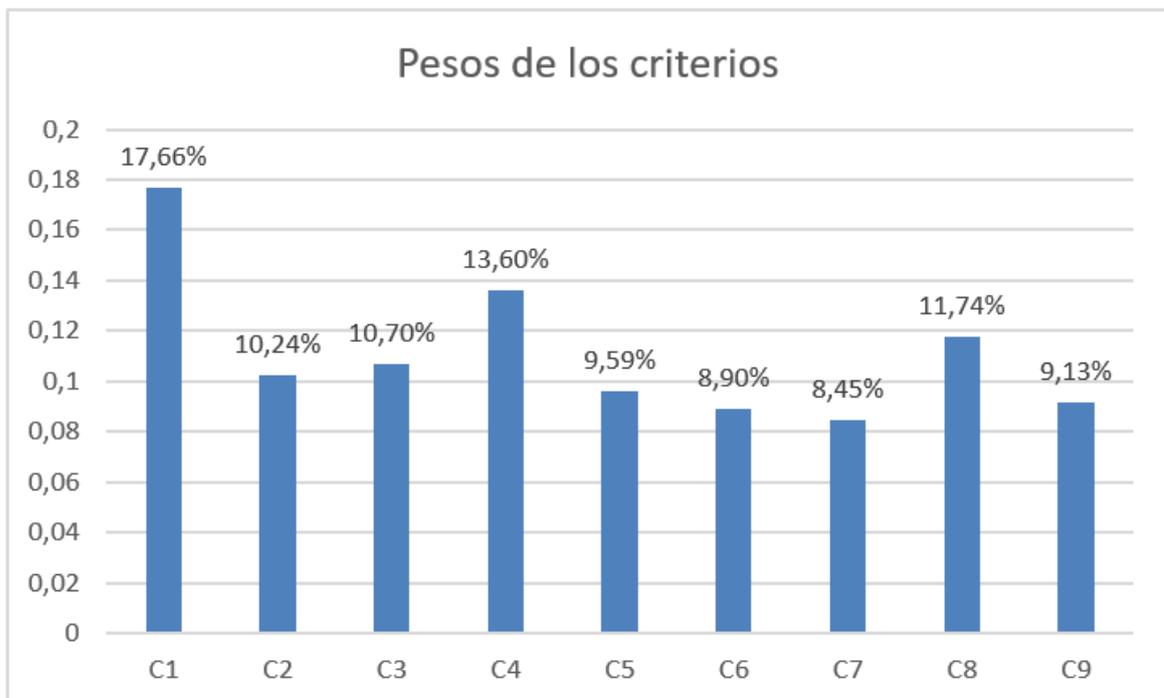


Figura 8: Gráfico de los pesos de los criterios. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el criterio con más peso es la calidad del producto (C1) por lo que indica que es un factor muy relevante en las empresas del sector ya que la alta calidad es esencial para cumplir con las expectativas del cliente y mantener la competitividad en el mercado.

Seguidamente, la satisfacción al cliente (C4) también tiene un peso considerable debido a que este factor es esencial. En el sector de la ingeniería, ofrecer un servicio que cumpla con las expectativas y necesidades del cliente es fundamental para garantizar la lealtad y la repetición de negocios.

La eficiencia de la cadena de suministro (C8), el avance tecnológico (C3) y la sostenibilidad (C2) también son factores considerablemente importantes en estas empresas. En el entorno actual, la optimización de recursos es clave, este criterio juega un papel importante en la competitividad de la empresa. Además, la capacidad de incorporar nuevas tecnologías puede proporcionar una ventaja competitiva significativa. También, la sostenibilidad juega un papel importante porque asegura el cumplimiento normativo, mejora la reputación, reduce costos operativos, facilita el acceso a financiamiento, ofrece una ventaja competitiva y fomenta la innovación en soluciones respetuosas con el medio ambiente.

Con menos peso, se encuentran el coste del producto (C5), la capacidad de implementación (C9), la seguridad (C6) y la mejora de los procesos (C7). Estos criterios son notablemente menos importantes en comparación con los anteriores en las empresas del sector de la ingeniería.

## 7. Relación entre alternativas y criterios

En este paso, se han definido los pesos de cada alternativa en relación con cada criterio seleccionado. De esta forma, se determina de qué manera influye cada criterio en cada línea estratégica. En la siguiente tabla, se muestran las puntuaciones realizadas por el equipo de trabajo con respecto a la relación entre los criterios y las alternativas.

*Tabla 13: Puntuaciones entre alternativas y criterios. Fuente: Elaboración propia.*

	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>
<b>C1</b>	8	9	7	6	6	7
<b>C2</b>	6	5	4	5	9	6
<b>C3</b>	7	6	9	9	5	6
<b>C4</b>	7	9	8	7	7	8
<b>C5</b>	6	4	3	4	4	5
<b>C6</b>	7	6	5	6	8	7
<b>C7</b>	8	7	6	8	7	8
<b>C8</b>	9	7	6	8	7	7
<b>C9</b>	8	6	7	9	6	7

A continuación, se han normalizado los valores, mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 14: Relación entre alternativas y criterios. Fuente: Elaboración propia.

	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>
<b>C1</b>	0,18604651	0,20930233	0,1627907	0,13953488	0,13953488	0,1627907
<b>C2</b>	0,17142857	0,14285714	0,11428571	0,14285714	0,25714286	0,17142857
<b>C3</b>	0,16666667	0,14285714	0,21428571	0,21428571	0,11904762	0,14285714
<b>C4</b>	0,15217391	0,19565217	0,17391304	0,15217391	0,15217391	0,17391304
<b>C5</b>	0,23076923	0,15384615	0,11538462	0,15384615	0,15384615	0,19230769
<b>C6</b>	0,17948718	0,15384615	0,12820513	0,15384615	0,20512821	0,17948718
<b>C7</b>	0,18181818	0,15909091	0,13636364	0,18181818	0,15909091	0,18181818
<b>C8</b>	0,20454545	0,15909091	0,13636364	0,18181818	0,15909091	0,15909091
<b>C9</b>	0,18604651	0,13953488	0,1627907	0,20930233	0,13953488	0,1627907

## 8. Resultado final

Por último, se ha llevado a cabo el cálculo del ranking de alternativas propuestas correspondiente con las líneas estratégicas. Esto se ha conseguido, teniendo en cuenta los pesos por criterio (Tabla 12) y la relación entre las alternativas y los criterios (Tabla 14).

Tabla 15: Líneas estratégicas. Fuente: Elaboración propia.

<b>Líneas estratégicas</b>	
<b>A1</b>	Excelencia operacional
<b>A2</b>	Diferenciación de producto
<b>A3</b>	Innovación
<b>A4</b>	Transformación digital
<b>A5</b>	Desarrollo sostenible
<b>A6</b>	Capacitación y desarrollo del personal

Tabla 16: Resultados de cada alternativa. Fuente: Elaboración propia.

<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>
<b>0,18338946</b>	0,16677567	0,15188762	0,1671446	0,16225858	0,16854436

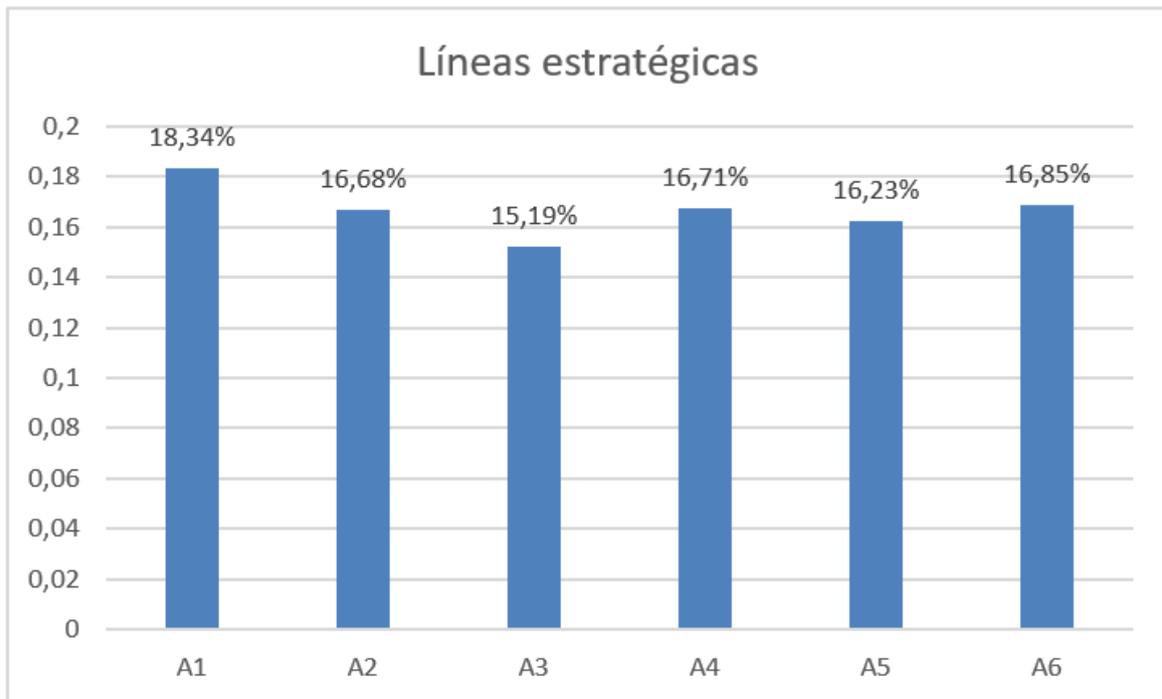


Figura 9: Gráfico de la priorización de las líneas estratégicas. Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, se ha determinado la priorización de las líneas estratégicas, concluyendo que, a corto-medio plazo, se debe enfocar en la línea estratégica centrada en la excelencia operacional (A1). Seguido de la capacitación y desarrollo del personal (A6), transformación digital (A4), diferenciación de producto (A2), desarrollo sostenible (A5) y, por último, la innovación (A3).

#### 4.2.5 Análisis de Resultados

En este análisis, al aplicar el Stratified Best and Worst Method (SBWM), se han evaluado seis alternativas correspondientes con las posibles líneas estratégicas que la empresa seleccionada debe aplicar a corto-medio plazo. Estas alternativas se han relacionado con nueve criterios clave para la empresa de ingeniería especializada en ensayos no destructivos (NDT). Los escenarios planteados se refieren a diversas condiciones de mercado, tales como el incremento de la competencia directa, cambios en las normativas medioambientales y la escasez de recursos necesarios para la fabricación. Dicho método permite identificar las líneas estratégicas que mejor se alinean con los objetivos de la empresa.

El análisis muestra que la línea estratégica con más puntuación es la de excelencia operacional la cual es, por tanto, la más recomendada a adoptar por esta empresa del sector de la ingeniería. Esto refleja la importancia de mejorar la eficiencia y los procesos internos en el contexto actual de la empresa, donde la optimización de la cadena de suministro y la reducción de costes resultan cruciales para mantener la competitividad.

La alternativa 6 correspondiente con la capacitación y desarrollo del personal también obtiene un lugar destacado en el ranking, lo que sugiere que la formación y desarrollo continuo del equipo es un aspecto fundamental para la empresa. Dado que el talento es uno de los valores clave de la empresa, esta estrategia no solo impulsa la eficiencia operativa, sino que también refuerza la sostenibilidad a largo plazo.

Seguidamente en el ranking de los resultados se encuentra la transformación digital. Dicha estrategia también es una estrategia clave para la integración de tecnologías 4.0 en la industria. Este resultado resalta la importancia de la digitalización para mejorar la capacidad de respuesta a cambios en el entorno regulatorio, como las normativas medioambientales, y para optimizar el uso de recursos.

La diferenciación de producto y el desarrollo sostenibles ocupan los siguientes lugares en el ranking de resultados pero como se puede observar tienen puntuaciones muy semejantes. Esto refleja que, aunque son importantes para la competitividad y el cumplimiento de las normativas, su impacto no es tan inmediato o crucial como las estrategias de optimización operativa y digitalización en el contexto actual de la empresa.

Por último, se encuentra la innovación, que aunque es un factor importante en muchos sectores industriales, presenta la puntuación más baja. Esto puede deberse a que en los escenarios considerados, la innovación no es vista como una necesidad tan urgente como otras estrategias enfocadas en la eficiencia y la adaptación a los cambios normativos o a la escasez de recursos.

Los resultados fueron fuertemente influenciados por los pesos asignados a los diferentes criterios. En particular, la calidad del producto y la satisfacción del cliente jugaron un papel crucial en las estrategias más destacadas, dado que son aspectos clave para asegurar la competitividad y fidelidad de los clientes en un mercado que enfrenta presiones tanto regulatorias como competitivas. La eficiencia de la cadena de suministro también tuvo un peso significativo, especialmente en escenarios donde la escasez de recursos y la necesidad de optimización operativa eran críticas.

Por tanto, el análisis de los resultados sugiere que la empresa debe centrar sus esfuerzos en mejorar la excelencia operacional y avanzar en la capacitación y desarrollo del personal, ya que ambas estrategias no solo se alinean con los retos actuales, sino que también posicionan a la empresa para responder eficazmente a futuros cambios en el entorno competitivo y regulatorio. Además, se recomienda avanzar en la transformación digital, aprovechando las oportunidades tecnológicas para optimizar los procesos y recursos en la cadena de suministro.

La diferenciación de producto y desarrollo sostenible son igualmente importantes en ciertos escenarios específicos, como el incremento de la competencia directa y los cambios en las normativas medioambientales, respectivamente. Por último, aunque la innovación es crucial para mantener la vanguardia tecnológica, en el contexto actual de la empresa no es vista como una prioridad tan alta como otras estrategias.

La empresa debe seguir monitoreando el entorno externo y ajustar su enfoque estratégico en función de los cambios en la competencia y las regulaciones, así como las fluctuaciones en los precios de las materias primas y la disponibilidad de recursos necesarios para la fabricación.

## 4.2.6 Implicaciones Prácticas

El análisis utilizando el Stratified Best and Worst Method (SBWM) ha clasificado seis alternativas estratégicas para la empresa, considerando nueve criterios clave y ocho escenarios de negocio (posibles eventos importantes). Estas alternativas se han evaluado en el contexto de diversos escenarios de mercado, incluyendo la creciente competencia, cambios en las normativas medioambientales, y la escasez de recursos. El ranking obtenido indica que las estrategias más efectivas para la empresa en el corto-medio plazo son excelencia operacional, capacitación y desarrollo del personal, y transformación digital.

Es importante destacar que una empresa puede adoptar por seguir más de una línea estratégica ya que diversifica el riesgo, permitiendo la adaptación a los cambios en el mercado. Además, aprovecha oportunidades en diversos segmentos optimizando la asignación de recursos, y mejorando el rendimiento al complementar líneas estratégicas. Este hecho, también asegura un desarrollo equilibrado y continuo, fortalece la resiliencia ante eventos adversos, alinea con múltiples objetivos estratégicos, y fomenta la mejora continua. De todas formas, es importante que la empresa disponga de una clara priorización de cuál de las líneas que pretende seguir es la más importante, ya que los recursos son finitos y también hay que considerar que diferentes líneas estratégicas pueden tener objetivos y/o acciones a realizar que no estén alineados o que, directamente, sean contrapuestos.

En este caso, considerar las líneas estratégicas de excelencia operacional, capacitación y desarrollo del personal, y transformación digital, es esencial para esta empresa porque cada una aborda diferentes aspectos críticos del negocio y maximiza las oportunidades de éxito. La excelencia operacional mejora la eficiencia y optimiza la cadena de suministro, reduciendo costos y fortaleciendo la competitividad en un entorno de mercado desafiante. La capacitación y desarrollo del personal asegura que el equipo esté altamente cualificado y comprometido, lo que no solo refuerza la eficiencia operativa, sino que también apoya la sostenibilidad a largo plazo al invertir en el talento, uno de los valores clave de la empresa. Por otro lado, la transformación digital facilita la integración de tecnologías avanzadas, optimizando el uso de recursos y mejorando la capacidad de respuesta a cambios regulatorios, como las nuevas normativas medioambientales. Al combinar estas estrategias, la empresa puede abordar de manera integral los desafíos actuales, como la competencia creciente y la escasez de recursos, mientras se prepara para el futuro con una base sólida y adaptable.

Por tanto, al implementar estas líneas estratégicas se deben establecer una serie de medidas concretas para su puesta en marcha.

En el caso de la excelencia operacional, que ha obtenido la puntuación más alta, destaca la necesidad de mejorar la eficiencia y los procesos internos. Para implementar esta estrategia, se recomienda revisar y optimizar la cadena de suministro para reducir costes y mejorar la eficiencia, asignando un equipo especializado y estableciendo un cronograma con hitos importantes. Además, es clave revisar procesos internos para reducir desperdicios y aplicar técnicas de Lean Management, y considerar la inversión en tecnología para automatizar procesos y reducir costos a largo plazo. Estas serían las primeras acciones a llevar a cabo.

La capacitación y desarrollo del personal ocupa el segundo lugar en el ranking, lo que subraya su importancia para mejorar la eficiencia operativa y fomentar la sostenibilidad a largo plazo. Se deben desarrollar programas de formación continua alineados con las necesidades estratégicas de la empresa, realizar evaluaciones regulares del desempeño, y promover el avance profesional del personal para mejorar la retención y el compromiso.

La transformación digital es la tercera estrategia destacada, esencial para la integración de tecnologías avanzadas y la optimización del uso de recursos. Las acciones recomendadas incluyen adoptar tecnologías 4.0, como el Internet de las Cosas (IoT) y sistemas automatizados, y actualizar los sistemas de gestión empresarial para mejorar la capacidad de respuesta a los cambios regulatorios y operativos.

#### 4.2.6.1 Análisis económico

A continuación, se va a detallar un análisis económico de la implantación de las tres estrategias con mayor puntuación en el método utilizado.

Para realizar dicho análisis es necesario considerar varios aspectos que impactan tanto en los costes como en los beneficios esperados de la línea estratégica seleccionada. Dichos costes y beneficios han sido estimados por el grupo de trabajo.

- Costes de implementación

Aquí se detallan los diferentes tipos de costes asociados a cada estrategia (infraestructura, formación, tecnología, etc.) durante los próximos tres años.

Tabla 17: Costes de implementación. Fuente: Elaboración propia.

Estrategia	Tipo de coste	Año 1 (€)	Año 2 (€)	Año 3 (€)	Total (€)
<b>Excelencia operacional</b>	Equipos/Maquinaria	30.000	20.000	10.000	60.000
	Optimización de procesos	15.000	5.000	5.000	25.000
	Consultoría externa	5.000	5.000	5.000	15.000
<b>Capacitación y desarrollo del personal</b>	Formación interna	15.000	10.000	5.000	30.000
	Programas de formación	10.000	10.000	5.000	25.000
	Contratación temporal	5.000	5.000	5.000	15.000
<b>Transformación digital</b>	Infraestructura IT	40.000	30.000	20.000	90.000
	Software y licencias	15.000	10.000	10.000	35.000
	Capacitación tecnológica	5.000	10.000	10.000	25.000
<b>Total</b>					<b>320.000</b>

- Beneficios estimados por estrategia

La siguiente tabla desglosa los tipos de beneficios que se esperan de la implementación de las estrategias, incluyendo el ahorro en costes y el incremento de ingresos por mejoras en la eficiencia y el rendimiento de la empresa.

Tabla 18: Beneficios estimados por estrategia. Fuente: Elaboración propia.

<b>Estrategia</b>	<b>Tipo de beneficio</b>	<b>Año 1 (€)</b>	<b>Año 2 (€)</b>	<b>Año 3 (€)</b>	<b>Total (€)</b>
<b>Excelencia operacional</b>	Reducción de costes operativos	25.000	30.000	35.000	90.000
	Mejora en la calidad de producto	10.000	15.000	20.000	45.000
	Aumento de satisfacción del cliente	5.000	5.000	5.000	15.000
<b>Capacitación y desarrollo del personal</b>	Mejora en productividad	10.000	15.000	20.000	45.000
	Retención de talento	5.000	10.000	15.000	30.000
	Aumento de la eficiencia	5.000	5.000	5.000	15.000
<b>Transformación digital</b>	Ahorro en tiempo y recursos	20.000	25.000	30.000	75.000
	Mejora en la gestión de procesos	10.000	10.000	15.000	35.000
	Optimización de la cadena de suministro	5.000	5.000	10.000	20.000
<b>Total</b>					<b>370.000</b>

- Comparación costes-beneficios

La siguiente tabla muestra una comparación directa entre los costes y los beneficios para cada estrategia durante los tres años de implementación.

*Tabla 19: Comparación beneficios-costes. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Estrategia</b>	<b>Beneficios totales (€)</b>	<b>Costes totales (€)</b>	<b>Diferencia (Beneficios – Costes (€))</b>
<b>Excelencia operacional</b>	150.000	100.000	+50.000
<b>Capacitación y desarrollo del personal</b>	90.000	70.000	+20.000
<b>Transformación digital</b>	130.000	120.000	+10.000
<b>Total</b>	<b>370.000</b>	<b>290.000</b>	<b>+80.000</b>

- Cálculo del ROI

Por último, se calculará el Retorno de la Inversión (ROI) para cada una de las estrategias seleccionadas en función de los plazos de ejecución y los beneficios esperados. Este ratio financiero muestra la rentabilidad de una inversión. En este caso, el ROI refleja cuánto beneficio obtiene la empresa por cada euro invertido en las diferentes estrategias analizadas. Las estrategias, como la excelencia operacional, pueden generar retornos en el corto plazo, otras como la capacitación y la transformación digital, pueden requerir un mayor plazo para comenzar a generar beneficios visibles.

Este ratio se calcula de la siguiente forma:

*Ecuación 6: Cálculo del ROI. Fuente: Elaboración propia.*

$$ROI = \frac{(Beneficios - Costes)}{Costes} \times 100$$

En la siguiente tabla se detallan los resultados del ROI en cada estrategia estudiada.

*Tabla 20: Resultados del ROI. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Estrategia</b>	<b>ROI (%)</b>
<b>Excelencia operacional</b>	50
<b>Capacitación y desarrollo del personal</b>	28,57
<b>Transformación digital</b>	8,33
<b>Total</b>	<b>27,59</b>

La conclusión y la interpretación de los resultados del análisis económico indican que la empresa puede esperar un retorno positivo del 27,59% sobre la inversión total de tres líneas estratégicas propuestas. Esto demuestra que dichas líneas no solo son viables, sino también rentables a medio plazo. Aunque las inversiones en cada línea estratégica varían, todas generan un beneficio neto, lo que justifica su implementación.

El ROI positivo refleja que la empresa está bien posicionada para mejorar su eficiencia operativa, optimizar sus recursos, y mantenerse competitiva. Las líneas estratégicas de excelencia operacional y capacitación del personal destacan por su alto retorno, lo que refuerza la importancia de enfocarse en estas áreas prioritarias. La transformación digital, aunque con un ROI positivo menor, sigue siendo clave para adaptarse a los cambios tecnológicos y mejorar la agilidad en el mercado.

## 5. CONCLUSIONES

Con este trabajo de fin de máster se ha cumplido el objetivo de aplicar el método Stratified Best and Worst para seleccionar las líneas estratégicas a implementar en un corto-medio plazo en una empresa de ingeniería dedicada a los ensayos no destructivos considerando los principales criterios y posibles escenarios de negocio y demostrando la posible utilidad de utilizar una herramienta de IA en alguna de las fases del método. Para ello, se ha aplicado el método considerando nueve criterios distintos relacionados directamente con las seis líneas estratégicas a seleccionar, además de evaluar ocho posibles escenarios diferentes.

La integración de la herramienta de Inteligencia Artificial, ChatGPT, ha sido de utilidad para la elección de los nueve criterios y la posterior definición de los escenarios de acuerdo a la experiencia del grupo de trabajo. La combinación del método multicriterio con dicha herramienta ha facilitado una evaluación más eficiente y precisa, mejorando la calidad de la toma de decisiones estratégicas en la empresa.

A partir de los resultados obtenidos, consta que la línea estratégica a llevar a cabo es la excelencia operacional, destacando la calidad de los productos y la satisfacción del cliente. Esta línea debe ser prioritaria para optimizar la cadena de suministro y reducir costes, elementos cruciales para mantener la competitividad en un entorno de mercado desafiante. Esto no implica que se deban pasar por alto las otras líneas estratégicas con mayores puntuaciones seguida de la primera en el ranking. La capacitación y desarrollo del personal indica que invertir en la formación continua del equipo es esencial para reforzar la eficiencia operativa y asegurar la sostenibilidad a largo plazo. La formación adecuada del personal contribuye a mejorar el rendimiento y alinear el talento con los objetivos estratégicos de la empresa. Además de la transformación digital que es esencial para modernizar los procesos y aprovechar al máximo las nuevas tecnologías. Implementar herramientas digitales avanzadas y actualizar los sistemas de gestión empresarial son pasos clave para adaptarse a las nuevas regulaciones y aumentar la eficiencia operativa. Esta línea estratégica permitirá a la empresa mejorar su agilidad y capacidad de respuesta en un mercado en continua transformación. Además, se ha calculado el ROI y se ha comprobado la rentabilidad de implementar estas estrategias a corto-medio plazo.

Además, la empresa debe seguir monitoreando el entorno externo y ajustar sus estrategias en función de las fluctuaciones en la competencia, las regulaciones y la disponibilidad de recursos. La gestión del cambio y el monitoreo continuo son esenciales para asegurar la implementación efectiva de las estrategias y alcanzar los objetivos estratégicos.

Adicionalmente, es importante señalar que este método de decisión tiene un fuerte componente subjetivo. Las decisiones basadas en esta metodología están moldeadas por factores determinados por las opiniones o la experiencia de expertos en cuanto a las puntuaciones realizadas a lo largo del método. Por tanto, esto puede afectar notablemente al resultado final y por tanto a la implantación de la nueva línea estratégica a seguir por la empresa.

En resumen, el uso del Stratified Best and Worst Method, combinado con la herramienta de inteligencia artificial ChatGPT, ha proporcionado una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en la empresa de ingeniería especializada en ensayos no destructivos. Esta metodología ha permitido una evaluación precisa de las alternativas estratégicas y ha facilitado la identificación de las áreas clave para mejorar la eficiencia operativa y la capacidad de adaptación de la empresa.

# REFERENCIAS

- Alhammad, A., Sun, Q., & Tao, Y. (2022). Optimal Solar Plant Site Identification Using GIS and Remote Sensing: Framework and Case Study. *Energies* 2022, Vol. 15, Page 312, 15(1), 312. <https://doi.org/10.3390/EN15010312>
- Contreras-Masse, R., Ochoa-Zezzatti, A., García, V., Pérez-Dominguez, L., & Elizondo-Cortés, M. (2020). Implementing a Novel Use of Multicriteria Decision Analysis to Select IIoT Platforms for Smart Manufacturing. *Symmetry* 2020, Vol. 12, Page 368, 12(3), 368. <https://doi.org/10.3390/SYM12030368>
- Hosseini, Z. S., Flapper, S. D., & Pirayesh, M. (2022a). Sustainable supplier selection and order allocation under demand, supplier availability and supplier grading uncertainties. *Computers & Industrial Engineering*, 165, 107811. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2021.107811>
- Hosseini, Z. S., Flapper, S. D., & Pirayesh, M. (2022b). Sustainable supplier selection and order allocation under demand, supplier availability and supplier grading uncertainties. *Computers & Industrial Engineering*, 165, 107811. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2021.107811>
- Javad, M. O. M., Darvishi, M., & Javad, A. O. M. (2020). Green supplier selection for the steel industry using BWM and fuzzy TOPSIS: A case study of Khouzestan steel company. *Sustainable Futures*, 2, 100012. <https://doi.org/10.1016/J.SFTR.2020.100012>
- Kannan, D., Solanki, R., Kaul, A., & Jha, P. C. (2022). Barrier analysis for carbon regulatory environmental policies implementation in manufacturing supply chains to achieve zero carbon. *Journal of Cleaner Production*, 358, 131910. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131910>
- Pons, O., Fuente, A. D. La, Aguado, A., Tam, V. W. Y., Le, K. N., & Shen, L. (2016). The Use of MIVES as a Sustainability Assessment MCDM Method for Architecture and Civil Engineering Applications. *Sustainability* 2016, Vol. 8, Page 460, 8(5), 460. <https://doi.org/10.3390/SU8050460>
- Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49–57. <https://doi.org/10.1016/J.OMEGA.2014.11.009>
- Ribeiro, F., Ferreira, P., & Araújo, M. (2013). Evaluating future scenarios for the power generation sector using a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) tool: The Portuguese case. *Energy*, 52, 126–136. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2012.12.036>
- Salimi, N., & Rezaei, J. (2018). Evaluating firms' R&D performance using best worst method. *Evaluation and Program Planning*, 66, 147–155. <https://doi.org/10.1016/J.EVALPROGPLAN.2017.10.002>

- Tavana, M., Mina, H., & Santos-Arteaga, F. J. (2023). A general Best-Worst method considering interdependency with application to innovation and technology assessment at NASA. *Journal of Business Research*, *154*, 113272. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2022.08.036>
- Torkayesh, A. E., Malmir, B., & Rajabi Asadabadi, M. (2021). Sustainable waste disposal technology selection: The stratified best-worst multi-criteria decision-making method. *Waste Management*, *122*, 100–112. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2020.12.040>
- Zhao, H., Guo, S., & Zhao, H. (2019). Comprehensive assessment for battery energy storage systems based on fuzzy-MCDM considering risk preferences. *Energy*, *168*, 450–461. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2018.11.129>