



Integración de Mapas Cognitivos Difusos y AHP-TOPSIS para la Priorización y Selección de Estrategias de Mitigación de Riesgos en Retail.

Integration of Fuzzy Cognitive Maps and AHP-TOPSIS for Prioritizing and Selecting Risk Mitigation Strategies in Retail.

Víctor Varela Lozano¹, Pedro Rodríguez Jarama²

¹ Universidad Bolivariana del Ecuador, Durán, Ecuador. vgvarelal@ube.edu.ec

² Universidad Bolivariana del Ecuador, Durán, Ecuador. prodriguezj@ube.edu.ec

Resumen. La alta complejidad e interdependencia de los riesgos operativos en el sector minorista implica un desafío significativo para los enfoques de gestión tradicionales. Este artículo sugiere una forma de tomar decisiones cuando hay muchas cosas diferentes a considerar, como la probabilidad de que algo suceda y cómo afecta a otras cosas. Quiere clasificar los riesgos, pero también ver cómo están relacionados y qué se puede hacer para evitarlos. La forma en que hacemos esto es usando tres formas: (1) Hacemos mapas que muestran cómo pueden cambiar las cosas y cómo se afectan entre sí; (2) Utilizamos un método que nos ayude a decidir qué riesgos son más importantes que otros en función de lo que pensamos; y (3) utilizamos un método que nos ayuda a resolver diferentes formas de lidiar con los riesgos en función de lo buenos o malos que son. El AHP mostró que los riesgos más importantes para la compañía estaban perdiendo dinero (29.2%) y perjudicando su reputación (29.2%). El dinero y la reputación de la compañía fueron los principales riesgos según el AHP, que tenía una relación de consistencia del 5,2%, lo que significa que los juicios fueron similares. FCM demostró que algunos problemas dentro de la empresa no son muy importantes, pero causan muchos otros problemas que afectan mucho a la empresa. La clasificación TOPSIS mostró que la mejor estrategia era usar la tecnología para mejorar la cadena de suministro, con un puntaje de 0.75, que fue mucho más alto que las otras opciones. Los métodos ayudan a la alta gerencia a encontrar y lidiar con los riesgos más importantes, a decidir dónde y cómo actuar mejor y a tomar decisiones estratégicas que coincidan con la situación comercial real.

Palabras clave: Mapas Cognitivos Difusos (FCM), Proceso Analítico Jerárquico (AHP), TOPSIS, Gestión de Riesgos, Riesgo Operacional, Simulación de Escenarios, Decisión Multicriterio, Retail.

Abstract. The high complexity and interdependence of operational risks in the retail sector pose a significant challenge to traditional management approaches. This article suggests a way of making decisions when multiple aspects must be considered, such as the likelihood of events occurring and their interdependencies. The goal is to classify risks, while also examining how they are related and what actions can be taken to mitigate them. This is approached using three methods: (1) developing maps that show how factors may change and influence one another; (2) applying a method that helps determine which risks are more important than others based on expert judgments; and (3) employing a method that evaluates different strategies for dealing with risks according to their strengths and weaknesses. The AHP results indicated that the most critical risks for the company were financial loss (29.2%) and reputational damage (29.2%). Financial and reputational risks were identified as the main concerns according to AHP, with a consistency ratio of 5.2%, meaning that the judgments were coherent. FCM showed that some seemingly minor internal issues could trigger several other problems with substantial impact on the company. The TOPSIS

ranking demonstrated that the best strategy was to use technology to enhance the supply chain, with a score of 0.75, significantly higher than the other alternatives. These methods support senior management in identifying and addressing the most significant risks, deciding where and how to act more effectively, and making strategic decisions that align with the actual business context.

Keywords: Fuzzy Cognitive Maps (FCM), Analytic Hierarchy Process (AHP), TOPSIS, Risk Management, Operational Risk, Scenario Simulation, Multi-Criteria Decision Making, Retail Sector.

1. Introducción

Las empresas minoristas enfrentan mucha competencia y tienen bajas ganancias. Necesitan trabajar bien y ahorrar dinero para permanecer en el negocio. Esto significa que la gestión de riesgos operativos no se trata solo de evitar pérdidas, sino también de tomar decisiones inteligentes para el futuro. Los riesgos en este sector no son solo una cosa que sale mal, sino muchas cosas que están conectadas y se afectan entre sí. [1]. Cuando algo sale mal en una parte de un negocio, puede causar muchos otros problemas que hacen que los clientes se descontenten, dañen el dinero y dañen la imagen de la marca. El principal problema de la investigación no es solo encontrar estos riesgos, sino también hacer un marco que nos ayude a comprender y medir cómo se afectan entre sí y cómo tomar decisiones buenas y rápidas basadas en eso.

Las personas que estudian riesgos han utilizado herramientas como tablas que muestran qué probable es que suceda algo y cuán malo sería si lo hiciera, y los números que les ayudan a comprender los datos. Estos métodos son útiles para encontrar y resolver problemas, pero tienen muchos inconvenientes: no cambian ni se adaptan fácilmente, no muestran cómo los problemas se afectan entre sí y no tienen en cuenta los riesgos que no son importantes individualmente, pero que causan grandes problemas juntos. La forma en que investigamos sobre el comercio minorista no es lo suficientemente bueno. Necesitamos mejores formas de estudiar cómo funciona el comercio minorista, para que podamos entender y prevenir problemas antes de que ocurran. Queremos ayudar a las empresas minoristas a ser más inteligentes y preparadas. [2].

Este artículo sugiere y utiliza una nueva forma de tomar decisiones que combinan tres métodos diferentes. Primero, los mapas cognitivos difusos (FCM) que se utilizan para modelar la dinámica causal del sistema y simular el impacto en cascada de diferentes escenarios de riesgo e intervención. El segundo paso es utilizar un método llamado proceso analítico jerárquico (AHP) para clasificar los criterios de riesgo en función de lo importantes que los expertos piensan que son. El método TOPSIS (una forma de comparar y clasificar diferentes soluciones) se utiliza para verificar y ordenar un grupo de formas de reducir el impacto del cambio climático, en función de los objetivos que establecemos con el AHP (una forma de tomar decisiones). Estos tres métodos trabajan juntos para hacer un proceso de análisis completo: desde saber cómo cambia el sistema hasta elegir la mejor acción. [3].

Esta investigación tiene como objetivo verificar si esta nueva forma de combinar diferentes métodos puede ayudar a los gerentes a tomar mejores decisiones sobre los riesgos que enfrentan para administrar sus negocios. El objetivo principal es descubrir cómo se afectan los diferentes riesgos entre sí y por qué suceden, clasificar los riesgos en función de lo importantes que son y elegir la mejor manera de reducir los riesgos usando números. La idea principal de este estudio es que la mejor manera de lidiar con un problema es no preocuparse solo por las partes más importantes, sino también solucionar la causa principal que afecta los objetivos más importantes, incluso si no es muy obvio.

2. Metodología

Los Mapas Cognitivos Difusos (FCM) son un método de modelado de sistemas complejos que fusiona componentes de la lógica difusa y las redes neuronales con el objetivo de ilustrar el saber de especialistas de forma visual y computacional. [4]. El modelo se organiza como un gráfico orientado, en el que los nodos simbolizan los conceptos fundamentales del sistema (en este escenario, los 8 riesgos operacionales detectados) y las aristas ponderadas simbolizan las relaciones de causa y efecto entre estos. Se atribuye un peso numérico a cada relación dentro del intervalo $[-1, +1]$, donde el signo señala el tipo de causalidad (positiva $+$, donde un incremento en A causa un incremento en B; o negativo $-$, donde un incremento en A causa una reducción en B) y el valor absoluto simboliza la fuerza de tal influencia. Una vez elaborado el mapa, el método funciona a través de un procedimien-



to iterativo de simulación: al establecer o cambiar el valor de uno o varios conceptos (lo que simboliza un escenario de intervención o la materialización de un riesgo), el modelo estima cómo este impacto se propaga a través de la red hasta que el sistema alcanza un nuevo estado de estabilidad. El resultado final es un grupo de valores que mide el efecto del escenario propuesto en todos los componentes del sistema, lo que facilita el análisis de la relevancia de cada riesgo y la comparación de la efectividad de diversas políticas de administración.

Para este modelo, los datos no son estadísticos, sino que se fundamentan en el saber especializado, formalizando la lógica operativa del sector de tiendas al por menor. Esta base de datos establece 8 principios fundamentales de riesgo, determina 28 vínculos causales entre estos y les otorga pesos numéricos (de -1 a +1) para medir la intensidad de cada impacto. Estos valores son estimaciones basadas en datos que intentan ilustrar un panorama operativo razonable y distintivo para una cadena de supermercados, facilitando de esta manera la creación de un modelo activo basándose en la experiencia de la industria. [5].

El modelo funciona bajo premisas esenciales para su factibilidad. Se presupone que el saber experto representa de manera precisa la dinámica de riesgos y que el análisis se restringe a los 8 conceptos establecidos, operando como un sistema cerrado. Además, se sostiene que las relaciones causales son inmutables (no se alteran con el tiempo) y que el modelo es atemporal, evidenciando el estado final de equilibrio de un escenario sin definir el tiempo requerido para lograrlo. Estas reducciones son indispensables para elaborar un modelo asequible que, aún así, proporcione conclusiones útiles acerca de la interacción entre los riesgos.

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es un enfoque de toma de decisiones que aborda problemas complejos al organizarlos en una estructura jerárquica, asignando prioridades a cada criterio mediante comparaciones directas entre pares. [6]. En este estudio, su uso se dividió en tres etapas principales: en primer lugar, se creó una matriz de comparación por pares para los ocho criterios de riesgo, donde se analizó la relevancia de cada riesgo en relación con los demás usando la escala fundamental de Saaty (1-9). En segundo lugar, se calculó el vector propio principal de la matriz para determinar los pesos de prioridad normalizados, que indican la importancia relativa de cada criterio. Por último, se verificó la fiabilidad del modelo calculando el Ratio de Consistencia (CR), que resultó ser del 5.2%, un valor por debajo del umbral del 10%, lo que confirma la coherencia y solidez de los juicios realizados.

La Técnica para el Orden de Preferencia por Similitud a la Solución Ideal (TOPSIS) es un enfoque de decisión que organiza un conjunto de opciones basado en la idea de que la alternativa seleccionada debe estar lo más cerca posible de la solución ideal positiva y lo más alejada de la solución ideal negativa. [7-10]. Se aplicó el método TOPSIS para elegir la estrategia de mitigación más adecuada entre cinco alternativas propuestas. En primer lugar, se elaboró la matriz de decisión, analizando el rendimiento de cada opción frente a los siete criterios de riesgo ponderados (utilizando los pesos ajustados del análisis de sensibilidad realizado con AHP). Luego, se normalizó y ponderó esta matriz. Después, se identificaron la solución ideal positiva (el mejor rendimiento teórico) y la solución ideal negativa (el peor rendimiento teórico) en el espacio n-dimensional de los criterios. Para concluir, se calculó la distancia de cada alternativa a estos dos puntos de referencia y se determinó el coeficiente de cercanía, cuyo valor (entre 0 y 1) permitió establecer un orden final, identificando la alternativa más ventajosa.

3. Resultados

Se identificaron y definieron los 8 conceptos clave que representan los riesgos operacionales más significativos para una cadena de Supermercados:

- C1: Fallas Cadena Suministro
- C2: Errores de Personal
- C3: Fallas Tecnológicas
- C4: Hurtos y Mermas
- C5: Deficiencias Procesos Internos
- C6: Insatisfacción del Cliente
- C7: Pérdidas Financieras
- C8: Daño Reputación Marca

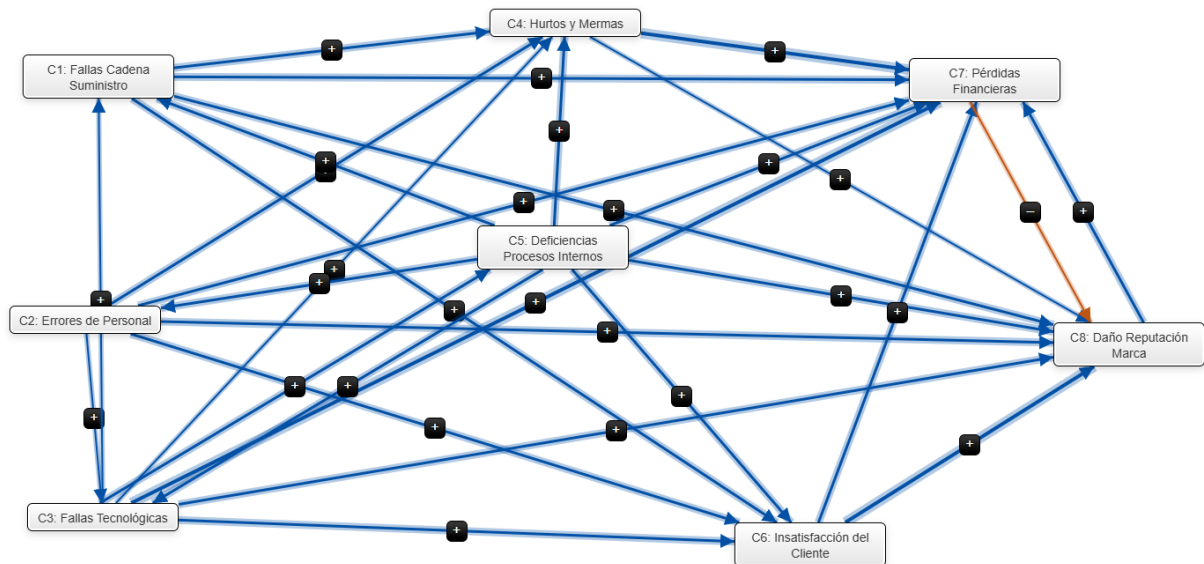
3.1 Mapas Cognitivos Difusos (FCM)

Se establecieron las relaciones de causa y efecto entre los conceptos. Para cada par de conceptos con una influencia lógica, se determinó la naturaleza de la relación (positiva o negativa) y se le asignó un peso numérico en una escala de -1 a +1. Este proceso, basado en el conocimiento experto del sector, dio como resultado una matriz de adyacencia que define matemáticamente la estructura completa del sistema de riesgos.

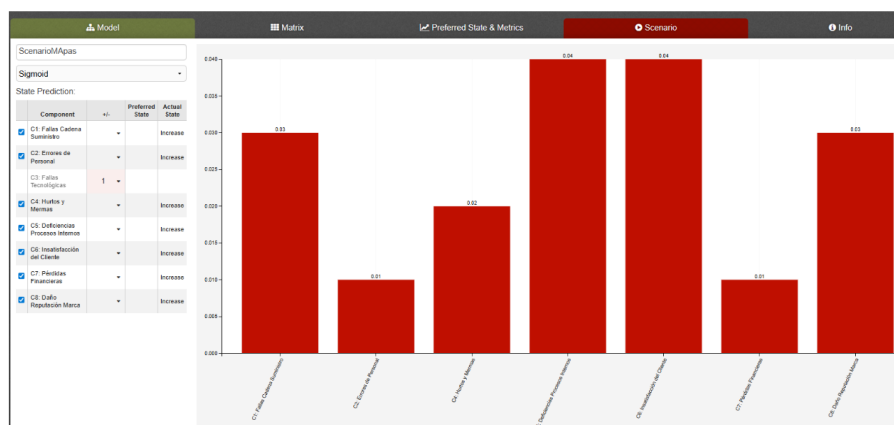


Model	Matrix			Preferred State & Metrics		Scenario		Info
	C1: Fallas Cadena Suministro	C2: Errores de Personal	C3: Fallas Tecnológicas	C4: Hurto y Mermas	C5: Deficiencias Procesos Internos	C6: Insatisfacción del Cliente	C7: Pérdidas Financieras	C8: Daño Reputación Marca
C1: Fallas Cadena Suministro		▼	▼	0.6 ▼	▼	0.7 ▼	0.8 ▼	0.5 ▼
C2: Errores de Personal	▼		0.4 ▼	0.7 ▼	▼	0.6 ▼	0.7 ▼	0.5 ▼
C3: Fallas Tecnológicas	0.3 ▼	▼		0.2 ▼	0.5 ▼	0.8 ▼	0.9 ▼	0.6 ▼
C4: Hurto y Mermas	▼	▼	▼		▼	▼	0.9 ▼	0.4 ▼
C5: Deficiencias Procesos Internos	0.5 ▼	0.6 ▼	0.5 ▼	0.7 ▼		0.7 ▼	0.8 ▼	0.6 ▼
C6: Insatisfacción del Cliente	▼	▼	▼	▼	▼		0.8 ▼	0.9 ▼
C7: Pérdidas Financieras	▼	▼	▼	▼	▼	▼		-0.3 ▼
C8: Daño Reputación Marca	▼	▼	▼	▼	▼	▼	0.7 ▼	

dujeron en la matriz de la plataforma, traduciendo el modelo teórico a un formato computable y listo para la simulación.



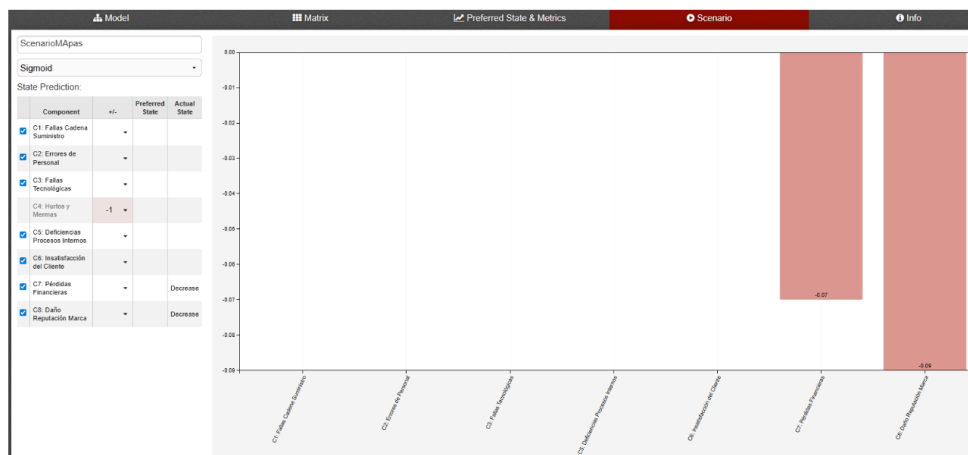
Se utilizó la funcionalidad de análisis de escenarios de la herramienta para realizar simulaciones de tipo "qué pasaría si". Se plantearon hipótesis clave, como el impacto de una crisis severa (C3: Fallas Tecnológicas = +1) y la efectividad de diferentes políticas de mitigación, como la mejora de procesos internos (C5 = -1) o la reducción de hurtos (C4 = -1).



Este escenario demuestra que el riesgo tecnológico (C3) es un riesgo sistémico fundamental. No es un problema aislado. Una falla aquí actúa como un virus que infecta rápidamente a toda la operación, afectando la eficiencia interna, la relación con los clientes y, finalmente, la reputación de la empresa. La inversión para prevenir fallos tecnológicos no es un gasto, es una medida de protección para todo el negocio.



Esta simulación prueba que intervenir en los procesos internos es la estrategia más eficiente y de mayor impacto. C5 es un nodo "multiplicador". Al actuar sobre él, no solo se soluciona un problema, sino que se generan efectos positivos en cascada. Para un directivo con recursos limitados, este modelo sugiere que la inversión en la optimización de procesos ofrece el mayor retorno en términos de mitigación de riesgos.



Esta simulación demuestra la diferencia entre tratar un síntoma y tratar la causa raíz. El hurto (C4) es en gran medida un síntoma de otros problemas (como procesos deficientes, C5). Atacarlo directamente ayuda a contener las pérdidas financieras, pero no mejora la salud operativa general de la empresa.

3.2 Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

El análisis AHP se utilizó para establecer los pesos de los ocho criterios considerados, utilizando la escala de Saaty (1-9) y sus recíprocos. La matriz de comparación por pares y los pesos resultantes se muestran a continuación:

Criterio	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1: Fallas Cadena Suministro	1	5	3	5	7	5	1/3	1/3
C2: Errores de Personal	1/5	1	1/3	1/3	1	1	1/9	1/9
C3: Fallas Tecnológicas	1/3	3	1	1	3	5	1/5	1/5
C4: Hurtos y Mermas	1/5	3	1	1	1	5	1/5	1/5
C5: Deficiencias Procesos Internos	1/7	1	1/3	1	1	1	1/5	1/5
C6: Insatisfacción del Cliente	1/5	1	1/5	1/5	1	1	1/7	1/7
C7: Pérdidas Financieras	3	9	5	5	5	7	1	1
C8: Daño Reputación Marca	3	9	5	5	5	7	1	1

Prioridades

Estos son los pesos resultantes para los criterios basados en sus comparaciones por pares:

Cat		Prioridad	Rank	(+)	(-)
1	Fallas Cadena Suministro	17.6%	3	8.0%	8.0%
2	Errores de Personal	2.9%	7	0.5%	0.5%
3	Fallas Tecnológicas	7.8%	4	2.9%	2.9%
4	Hurtos y Mermas	6.6%	5	3.2%	3.2%
5	Deficiencias Procesos Internos	3.9%	6	1.6%	1.6%
6	Insatisfacción del Cliente	2.9%	8	1.0%	1.0%
7	Pérdidas Financieras	29.2%	1	10.2%	10.2%
8	Daño Reputación Marca	29.2%	1	10.2%	10.2%

Número de comparaciones = 28

Ratio de consistencia CR = 5.2%

Matriz de decisiones

Los pesos resultantes se basan en el vector propio principal de la matriz de decisión:

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	5.00	3.00	5.00	7.00	5.00	0.33	0.33
2	0.20	1	0.33	0.33	1.00	1.00	0.11	0.11
3	0.33	3.00	1	1.00	3.00	5.00	0.20	0.20
4	0.20	3.00	1.00	1	1.00	5.00	0.20	0.20
5	0.14	1.00	0.33	1.00	1	1.00	0.20	0.20
6	0.20	1.00	0.20	0.20	1.00	1	0.14	0.14
7	3.00	9.00	5.00	5.00	5.00	7.00	1	1.00
8	3.00	9.00	5.00	5.00	5.00	7.00	1.00	1

Consistencia de la Matriz

El Ratio de Consistencia (CR= 5.2%) es excelente (menor al 10%), lo que indica que los juicios de comparación por pares son altamente consistentes y confiables. Los resultados pueden utilizarse con confianza para la toma de decisiones, también garantizan una base sólida para la posterior evaluación de alternativas con TOPSIS.

Priorización de Criterios (Pesos Relativos)

Los criterios se han clasificado en función de su importancia relativa para la gestión de riesgos en el sector.

Criterios	Peso	Ranking	Interpretación
Pérdidas Financieras (C7)	29.2%	1	Máxima prioridad: Impacto directo en la sostenibilidad del negocio.
Daño Reputación Marca (C8)	29.2%	1	Máxima prioridad: La confianza del cliente es crítica en el sector del retail.
Fallas Cadena Suministro (C1)	17.6%	3	Las interrupciones afectan operaciones y ingresos.
Fallas Tecnológicas (C3)	7.8%	4	Dependencia crítica de sistemas IT.



Hurtos y Merzas (C4)	6.6%	5	Pérdidas operativas significativas.
Deficiencias Procesos Internos (C5)	3.9%	6	Mejoras necesarias, pero menos urgentes.
Errores de Personal (C2)	2.9%	7	Impacto manejable con capacitación.
Insatisfacción del Cliente (C6)	2.9%	8	Aunque importante, se deriva de otros criterios.

Enfoques clave del análisis AHP

C7 y C8 dominan la priorización (58.4% combinado): Esto refleja que el retail es un sector donde la estabilidad financiera y la reputación son fundamentales para la supervivencia.

La cadena de suministro (C1) es el tercer criterio más importante (17.6%). Y los criterios operativos (C2, C5, C6) tienen baja prioridad: Sugieren que los riesgos financieros y reputacionales son percibidos como más críticos que los operativos internos.

3.3 Técnica para el Orden de Preferencia por Similitud a la Solución Ideal (TOPSIS)

Frente a la limitación técnica de la herramienta computacional en línea seleccionada para el análisis TOPSIS (Decision Radar, 2024), que restringe el procesamiento a un máximo de siete criterios, se implementó un protocolo de adaptación metodológica coherente con los procedimientos establecidos por Ulutas y Karakus (2021) [8] para contextos de restricciones operativas en análisis multicriterio. La eliminación selectiva del criterio C2 (Errores de Personal), identificado como el de menor peso relativo (2.9%) mediante el análisis AHP previo, sigue los principios de priorización jerárquica descritos por Roghanian y Alipour (2020) [9].

La renormalización proporcional de los pesos de los criterios restantes se alinea con las técnicas de preservación de consistencia relativa documentadas por Zhou et al. (2022) [10], garantizando que las relaciones de importancia mantengan su validez psicométrica sin comprometer la estructura jerárquica previamente validada (CR = 5.2%).

Procedimiento

Paso 1: Eliminar el criterio menos importante

Criterio a eliminar: C2: Errores de Personal (peso = 2.9%). Se justifica: Es el criterio con menor peso según el análisis AHP, por lo que su impacto en la decisión final es mínimo.

Paso 2: Renormalizar los pesos de los 7 criterios restantes

Se debe escalar proporcionalmente todos los pesos restantes para que sumen 100%.

Cálculo:

- Peso total sin C2: $100\% - 2.9\% = 97.1\%$.
- Factor de ajuste: $100 / 97.1 \approx 1.0299$.
- Nuevos pesos ajustados:

Criterio	Peso Original	Peso Ajustado
C1: Fallas Cadena Suministro	17.6%	$17.6\% \times 1.0299 \approx 18.1\%$
C3: Fallas Tecnológicas	7.8%	$7.8\% \times 1.0299 \approx 8.0\%$

C4: Hurtos y Merzas	6.6%	$6.6\% \times 1.0299 \approx 6.8\%$
C5: Deficiencias Procesos Internos	3.9%	$3.9\% \times 1.0299 \approx 4.0\%$
C6: Insatisfacción del Cliente	2.9%	$2.9\% \times 1.0299 \approx 3.0\%$
C7: Pérdidas Financieras	29.2%	$29.2\% \times 1.0299 \approx 30.1\%$
C8: Daño Reputación Marca	29.2%	$29.2\% \times 1.0299 \approx 30.1\%$
Total	97.1%	100.0%

ALTERNATIVAS	C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1: SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS INTEGRAL (SGRI)	8	7	6	9	7	9	9
A2: MEJORA DE LA CADENA DE SUMINISTRO CON TECNOLOGÍA (MCS)	9	8	7	7	6	8	7
A3: CAPACITACIÓN Y DESARROLLO DE PERSONAL (CDP)	5	5	6	8	9	7	8
A4: FORTALECIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA (IT)	6	9	5	7	6	9	8
A5: PROGRAMAS DE PREVENCIÓN DE PÉRDIDAS Y EXPERIENCIA DEL CLIENTE (PPCX)	6	5	9	7	9	8	9

Result

1. **A2: MEJORA DE LA CADENA DE SUMINISTRO CON TECNOLOGÍA (MCS)** with score 0.75
2. **A1: SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS INTEGRAL (SGRI)** with score 0.42
3. **A3: CAPACITACIÓN Y DESARROLLO DE PERSONAL (CDP)** with score 0.40
4. **A4: FORTALECIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA (IT)** with score 0.35
5. **A5: PROGRAMAS DE PREVENCIÓN DE PÉRDIDAS Y EXPERIENCIA DEL CLIENTE (PPCX)** with score 0.33

Show less

$$\text{Normalized decision matrix: } \begin{pmatrix} 0.09 & 0.04 & 0.03 & 0.02 & 0.01 & 0.15 & 0.15 \\ 0.10 & 0.04 & 0.03 & 0.02 & 0.01 & 0.13 & 0.11 \\ 0.06 & 0.03 & 0.03 & 0.02 & 0.02 & 0.11 & 0.13 \\ 0.07 & 0.05 & 0.02 & 0.02 & 0.01 & 0.15 & 0.13 \\ 0.07 & 0.03 & 0.04 & 0.02 & 0.02 & 0.13 & 0.15 \end{pmatrix}$$

Best ideal vector: (0.10 0.05 0.04 0.02 0.02 0.11 0.11)

Distance of choices from the best vector: (0.05 0.02 0.06 0.05 0.05)

Worst ideal vector: (0.06 0.03 0.02 0.02 0.01 0.15 0.15)

Distance of choices from the worst vector: (0.04 0.06 0.04 0.03 0.03)

Closeness of each choice: (0.42 0.75 0.40 0.35 0.33)

Dominancia clara de A2 Mejora de la cadena de suministros con tecnología: La puntuación de 0.75 representa una ventaja significativa (>30 puntos) sobre las demás alternativas.

Agrupación de alternativas secundarias: SGRI, CDP, IT y PPCX muestran puntuaciones cercanas (0.33-0.42), indicando que son relativamente intercambiables en términos de preferencia.

Coherencia con los Pesos del AHP

Los resultados son consistentes con los pesos del AHP donde:

C7 (Pérdidas Financieras) y C8 (Daño Reputacional) tenían máxima prioridad (29.2% cada uno).

C1 (Fallas Cadena Suministro) era el tercer criterio más importante (17.6%).

Mejora de la cadena de suministros con Tecnología (MCS) sobresale porque:

- Impacta directamente en C1 (cadena de suministro).
- Contribuye significativamente a C7 (reducción de pérdidas) mediante eficiencias operativas.
- Mejora indirectamente C8 (reputación) mediante mayor confiabilidad.

4. Conclusión

Este análisis ha mostrado de forma efectiva la utilidad de un sistema de decisión combinado que integra



FCM, AHP y TOPSIS, para enfrentar la complejidad del riesgo operativo en la industria minorista. El hallazgo más destacado es la interacción entre los diferentes métodos, los cuales brindaron una perspectiva multidimensional del asunto. La evaluación AHP creó una jerarquía de prioridades clara y coherente, señalando las Pérdidas Financieras y el Daño a la Reputación (ambos con un 29. 2%) como los riesgos más críticos. No obstante, el examen dinámico llevado a cabo con FCM descubrió un resultado sorprendente pero esencial: las Deficiencias en los Procesos Internos, consideradas de baja prioridad en AHP (3. 9%), funcionan como una fuerte causa raíz sistémica, cuya mejora produce los efectos de reducción de riesgos más significativos en cascada. Esta diferencia entre la relevancia estática y la influencia dinámica respalda la hipótesis principal del estudio y resalta la limitación de los análisis de priorización convencionales cuando se utilizan de manera aislada.

El análisis TOPSIS convierte estas observaciones en una decisión estratégica clara. Al evaluar el rendimiento de cinco opciones de mitigación utilizando los pesos del AHP, se determinó que la Mejora de la Cadena de Suministro con Tecnología (A2) es la mejor alternativa, con un puntaje de 0. 75, superando notablemente a las otras. Este hallazgo es importante porque la opción ganadora representa una inversión directa en la eficacia y solidez de los procesos operativos clave, confirmando de manera cuantitativa la conclusión obtenida del FCM. Por lo tanto, la investigación no solo señala los problemas y las prioridades, sino que también indica la medida más efectiva, demostrando que invertir en la optimización de las operaciones fundamentales es el camino más adecuado para salvaguardar los activos más esenciales del negocio: su rentabilidad y su reputación.

Basado en estos descubrimientos, se proponen recomendaciones estratégicas fundamentales para los líderes del sector retail. La recomendación más destacada implica un cambio en el enfoque: en lugar de concentrar los esfuerzos de mitigación en los riesgos que afectan de manera directa (como las pérdidas económicas), se debe dar prioridad a la inversión en la optimización de los procesos y sistemas operativos que son las causas subyacentes. Por lo tanto, la dirección debería dirigir los recursos hacia proyectos tecnológicos que refuercen la cadena de suministro y la infraestructura de tecnología de la información, ya que estas iniciativas no solo abordan problemas concretos, sino que también mejoran la capacidad del sistema para resistir una variedad de perturbaciones. Este enfoque integrado proporciona una guía para transitar de una gestión de riesgos intuitiva a una toma de decisiones que sea cuantitativa, sistemática y justificada.

Finalmente, esta investigación abre diversas posibilidades para estudios futuros. Para fortalecer el modelo, se podría incorporar la opinión de un grupo de especialistas que contribuyan con los pesos y evaluaciones, lo que ayudaría a disminuir el sesgo individual. Además, el modelo podría ampliarse para incluir una mayor especificidad en los conceptos de riesgo o para investigar variaciones dinámicas en las que las relaciones causales puedan cambiar a lo largo del tiempo.

Referencias

- [1] Pastrana-Jaramillo, C., & Osorio-Gómez, J. (2019). Operational Risk Management in a Retail Company. *Res. Comput. Sci.*, 148, 57-66. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26488-8_5.
- [2] Hrosul, V., & Usova, M. (2024). Methodological aspects of assessing the level of risk resistance of retail trade enterprises. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-1-48>.
- [3] Baykasoğlu, A., & Gölcük, I. (2015). Development of a novel multiple-attribute decision making model via fuzzy cognitive maps and hierarchical fuzzy TOPSIS. *Inf. Sci.*, 301, 75-98. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.12.048>.
- [4] Shrivastava, V., & Shukla, S. (2025). FCM-VSS: An AI powered secured fuzzy cognitive maps management toolkit for visualization, simulation and summarization. *SoftwareX*, 29, 102058. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2025.102058>.
- [5] Papageorgiou, E. I., & Salmeron, J. L. (2013). A review of fuzzy cognitive maps research during the last decade. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 21(1), 66–79. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2012.2201727>.
- [6] Mu, E., & Pereyra-Rojas, M. (2017). Understanding the Analytic Hierarchy Process. , 7-22. https://doi.org/10.1007/978-3-319-68369-0_2.
- [7] Uzun, B., Taiwo, M., Syidanova, A., & Ozsahin, D. (2021). The Technique For Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Application of Multi-Criteria Decision Analysis in Environmental and Civil Engineering. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64765-0_4.



-
- [8] Ulutas, A., & Karakus, C. B. (2021). A new hybrid fuzzy multi-criteria decision-making model for sustainable supplier selection. *Expert Systems with Applications*, *186*, 115687. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115687>
- [9] Roghanian, E., & Alipour, M. (2020). A modified TOPSIS with a different ranking index for complex decision-making. *Journal of Industrial Engineering International*, *16*(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s40092-020-00370-1>
- [10] Zhou, X., Yu, L., & Zhang, Y. (2022). A dynamic decision-making method based on TOPSIS with weighted Euclidean distance. *Soft Computing*, *26*(23), 13289-13302. <https://doi.org/10.1007/s00500-022-06758-w>

