



Mejora de Procesos Organizacionales bajo Indeterminación: Un Modelo Neutrosófico de Diagnóstico y Optimización basado en Causalidad Parcial

Organizational Process Improvement under Indeterminacy: A Neutrosophic Model of Diagnosis and Optimization based on Partial Causality

Autores:

Andrea Mariel Malavé Gómez¹, Fabiola Rosa Lopezdomínguez Rivas², Carlos Bastidas Sánchez³, Sol David Lopezdomínguez Rivas⁴

¹ Universidad Estatal de Milagro (UNEMI) Milagro, Ecuador, amalaveg@unemi.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9847-7150>

² Universidad de Guayaquil (UG) Guayaquil, Ecuador, fabiola.lopezdominguezr@ug.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7761-0474>

³ Universidad Estatal de Milagro (UNEMI) Milagro, Ecuador, cbastidass@unemi.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1018-6956>

⁴ Universidad de Guayaquil (UG) Guayaquil, Ecuador, sol.lopezdominguezr@ug.edu.ec, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7422-3376>

Resumen

La mejora de procesos organizacionales es una actividad crítica para la competitividad empresarial, pero frecuentemente se realiza bajo condiciones de incertidumbre, indeterminación e información incompleta. Este artículo propone un modelo neutrosófico integrado de diagnóstico y optimización de procesos que incorpora explícitamente la causalidad parcial a través de la metodología Neutrosophic Fuzzy-Set Qualitative Comparative Analysis (Neutrosophic fsQCA). El modelo propuesto permite identificar las configuraciones causales complejas que generan tanto el desempeño exitoso como el deficiente en procesos organizacionales, considerando simultáneamente los grados de verdad, indeterminación y falsedad en las relaciones causales. Se desarrolla un ejemplo ilustrativo en el contexto de mejora de procesos de servicio al cliente, demostrando cómo el enfoque neutrosófico de causalidad parcial puede revelar configuraciones causales que los métodos tradicionales no detectan. Los resultados muestran que el modelo es especialmente valioso para organizaciones que operan en entornos complejos, dinámicos e inciertos, permitiendo una comprensión más profunda de los factores que impulsan o inhiben la mejora de procesos.

Palabras clave: Mejora De Procesos, Causalidad Parcial, Conjuntos Neutrosóficos, Fsqa Neutrosófico, Indeterminación, Diagnóstico Organizacional, Optimización Bajo Incertidumbre.

Abstract

Organizational process improvement is critical for business competitiveness, but it is frequently carried out under conditions of uncertainty, indeterminacy, and incomplete information. This article proposes an integrated neutrosophic



model for process diagnosis and optimization that explicitly incorporates partial causality through the Neutrosophic Fuzzy-Set Qualitative Comparative Analysis (Neutrosophic fsQCA) methodology. The proposed model allows for the identification of complex causal configurations that generate both successful and deficient performance in organizational processes, simultaneously considering the degrees of truth, indeterminacy, and falsity in causal relationships. An illustrative example is developed in the context of customer service process improvement, demonstrating how the neutrosophic approach to partial causality can reveal causal configurations that traditional methods fail to detect. The results show that the model is especially valuable for organizations operating in complex, dynamic, and uncertain environments, enabling a deeper understanding of the factors that drive or inhibit process improvement.

Keywords: Process Improvement, Partial Causality, Neutrosophic Sets, Neutrosophic FsQCA, Indeterminacy, Organizational Diagnosis, Optimization Under Uncertainty.

1. Introducción

La mejora de procesos organizacionales es un imperativo estratégico en la era contemporánea, donde las organizaciones deben adaptarse continuamente a cambios tecnológicos, de mercado y regulatorios [1]. Sin embargo, la identificación de los factores causales que verdaderamente impulsan o inhiben la mejora de procesos es una tarea compleja, especialmente cuando la información disponible es incompleta, ambigua o contradictoria [2]. Los métodos tradicionales de análisis causal, como la regresión lineal o los modelos de ecuaciones estructurales, asumen relaciones determinísticas y lineales entre variables, supuestos que rara vez se cumplen en sistemas organizacionales reales [3].

La teoría de la causalidad parcial reconoce que en sistemas complejos, múltiples configuraciones de condiciones pueden llevar al mismo resultado (equifinalidad), y que una misma condición puede contribuir a resultados diferentes dependiendo del contexto (multifinalidad) [4]. Este enfoque es particularmente relevante para la mejora de procesos organizacionales, donde la efectividad de una intervención depende frecuentemente de cómo se combina con otras condiciones presentes en la organización.

La metodología de **Qualitative Comparative Analysis (QCA)** ha ganado reconocimiento en las ciencias sociales y organizacionales como un método riguroso para identificar configuraciones causales complejas [5]. Sin embargo, la QCA tradicional y su extensión fuzzy (fsQCA) tienen limitaciones cuando se enfrentan a información incierta e indeterminada. La **lógica neutrosófica**, que maneja explícitamente los grados de verdad (T), indeterminación (I) y falsedad (F), ofrece un marco más completo para modelar la complejidad de los sistemas organizacionales [6].

Este artículo propone un **modelo neutrosófico integrado de diagnóstico y optimización de procesos** que combina la causalidad parcial con la lógica neutrosófica. El modelo utiliza la metodología **Neutrosophic fsQCA** para identificar las configuraciones causales que generan mejora o deterioro en los procesos organizacionales, permitiendo a los gerentes y analistas comprender no solo qué factores importan, sino también cómo interactúan bajo condiciones de incertidumbre e indeterminación [7].

2. Marco Teórico

2.1. Causalidad Parcial y Configuraciones Causales

La causalidad parcial se diferencia fundamentalmente de la causalidad determinística al reconocer que en sistemas complejos, la relación entre causas y efectos es multidimensional y contingente [8]. En el contexto organizacional, esto significa que la mejora de un proceso no es el resultado de un único factor, sino de una configuración específica de múltiples condiciones que actúan conjuntamente [9].

El concepto de **equifinalidad** es central en la teoría de causalidad parcial. Esto implica que diferentes combinaciones de condiciones pueden llevar al mismo resultado deseado. Por ejemplo, una organización puede lograr mejora de procesos a través de: (1) inversión en tecnología + capacitación del personal, o (2) rediseño organizacional + mejora de comunicación. Ambas configuraciones pueden ser efectivas, aunque utilizan diferentes mecanismos causales.

De manera similar, el concepto de **multifinalidad** reconoce que la misma condición puede contribuir a resultados diferentes dependiendo del contexto. Por ejemplo, la automatización de procesos puede mejorar la eficiencia en algunos contextos, pero puede reducir la calidad del servicio en otros si no se acompaña de cambios en la cultura organizacional.



2.2. Fuzzy-Set Qualitative Comparative Analysis (fsQCA)

El fsQCA es una metodología que combina el rigor analítico de los métodos cuantitativos con la sensibilidad contextual de los métodos cualitativos [10]. El fsQCA utiliza conjuntos difusos para calibrar variables continuas en términos de membresía a un conjunto conceptual, permitiendo análisis de configuraciones causales complejas.

El procedimiento de fsQCA incluye los siguientes pasos:

- 1 **Calibración:** Convertir variables continuas en membresía de conjuntos difusos (0 a 1).
- 2 **Análisis de necesidad:** Identificar condiciones que deben estar presentes para que el resultado ocurra.
- 3 **Análisis de suficiencia:** Identificar configuraciones de condiciones que son suficientes para producir el resultado.
- 4 **Síntesis:** Combinar los resultados de necesidad y suficiencia para desarrollar una teoría causal.

2.3. Lógica Neutrosófica y Conjuntos Neutrosóficos

La lógica neutrosófica, introducida por Smarandache, extiende la lógica clásica y la lógica difusa al permitir la representación explícita de la indeterminación [11]. Un número neutrosófico de valor único (SVN) se define como $N = (t, i, f)$, donde:

- **t** (verdad): el grado en que una proposición es verdadera
- **i** (indeterminación): el grado de incertidumbre o indeterminación
- **f** (falsedad): el grado en que una proposición es falsa

La restricción fundamental es: $0 \leq t + i + f \leq 3$, lo que permite mayor flexibilidad que los conjuntos difusos tradicionales.

En el contexto de análisis causal, la lógica neutrosófica permite modelar:

- Relaciones causales que son verdaderas con cierto grado (t)
- Relaciones causales que son indeterminadas o ambiguas (i)
- Relaciones causales que son falsas con cierto grado (f)

2.4. Neutrosophic fsQCA: Integración de Causalidad Parcial e Indeterminación

El Neutrosophic fsQCA integra la metodología fsQCA con la lógica neutrosófica para manejar la indeterminación en el análisis de configuraciones causales [12]. En lugar de usar solo membresía difusa (0 a 1), el Neutrosophic fsQCA utiliza números neutrosóficos (t, i, f) para representar la membresía en conjuntos conceptuales.

Esto permite:

- 5 **Modelar explícitamente la indeterminación:** Reconocer que ciertos casos pueden ser ambiguos o contradictorios respecto a su membresía en un conjunto.
- 6 **Capturar la complejidad causal:** Identificar configuraciones causales donde la relación entre condiciones y resultados es parcialmente verdadera, parcialmente indeterminada y parcialmente falsa.
- 7 **Analizar la causalidad parcial:** Reconocer que múltiples configuraciones pueden llevar al mismo resultado, y que diferentes contextos pueden modular la efectividad de las intervenciones.



3. Modelo Propuesto: Diagnóstico y Optimización Neutrosófico de Procesos

El modelo propuesto consta de cinco fases integradas:

Fase 1: Definición del Problema y Selección de Variables

En esta fase, se define claramente el proceso organizacional a mejorar y se identifican las variables relevantes. Las variables se clasifican en:

- **Condiciones (X):** Factores que pueden ser manipulados o influenciados para mejorar el proceso
- **Resultado (Y):** El estado deseado del proceso (mejora exitosa vs. deterioro)
- **Moderadores:** Factores contextuales que pueden modular la relación entre condiciones y resultado

Fase 2: Recopilación de Datos y Calibración Neutrosófica

Se recopilan datos sobre el desempeño del proceso en múltiples contextos organizacionales. Cada variable se calibra en términos de membresía neutrosófica (t, i, f) en el conjunto conceptual correspondiente.

La calibración neutrosófica permite:

- Asignar grados de verdad a casos que claramente pertenecen al conjunto
- Asignar grados de indeterminación a casos ambiguos o contradictorios
- Asignar grados de falsedad a casos que claramente no pertenecen al conjunto

Fase 3: Análisis de Necesidad Neutrosófico

Se identifican las condiciones que son necesarias para que el resultado ocurra. Una condición X es necesaria para Y si todos los casos con Y alto también tienen X alto. En el contexto neutrosófico, esto se expresa como:

Necesidad Neutrosófica: Para cada caso i , si $Y_i = (t_y, i_y, f_y)$ es alto, entonces $X_i = (t_x, i_x, f_x)$ debe ser alto.

Fase 4: Análisis de Suficiencia Neutrosófico

Se identifican las configuraciones de condiciones que son suficientes para producir el resultado. Una configuración es suficiente si todos los casos con esa configuración tienen Y alto. En el contexto neutrosófico, se buscan configuraciones donde la conjunción de condiciones (representadas como operaciones neutrosóficas) produce un resultado alto.

Fase 5: Síntesis y Recomendaciones de Optimización

Los resultados del análisis de necesidad y suficiencia se sintetizan para desarrollar recomendaciones de optimización. Estas recomendaciones incluyen:



- Las configuraciones causales que conducen a mejora de procesos
- Las condiciones que son críticas (necesarias) para el éxito
- Las alternativas viables (equifinalidad) para lograr la mejora
- Los factores contextuales que moderan la efectividad de las intervenciones

4. Ejemplo Ilustrativo: Mejora de Procesos de Servicio al Cliente

Nota importante: El ejemplo presentado a continuación es un caso ilustrativo basado en información recopilada de internet y literatura académica sobre mejora de procesos en organizaciones de servicios. No representa un caso de estudio real de una institución específica, sino que ha sido construido con propósitos didácticos para demostrar la aplicabilidad y utilidad del modelo neutrosófico propuesto.

4.1. Definición del Problema Ilustrativo

Considérese una institución financiera hipotética que desea mejorar la calidad de su servicio al cliente, medida por la satisfacción del cliente y la reducción de quejas. Se han identificado cinco condiciones potenciales que pueden contribuir a esta mejora:

- **C1: Inversión en Tecnología (IT)** - Implementación de sistemas CRM avanzados y automatización
- **C2: Capacitación del Personal (CP)** - Programas de capacitación en atención al cliente y resolución de problemas
- **C3: Empoderamiento de Empleados (EE)** - Autoridad para resolver problemas sin escalamiento
- **C4: Rediseño de Procesos (RP)** - Simplificación de procedimientos y eliminación de pasos innecesarios
- **C5: Cultura de Mejora Continua (CMC)** - Sistemas de retroalimentación y mejora iterativa

El resultado deseado es:

- **Y: Mejora Exitosa del Servicio (MES)** - Aumento en satisfacción del cliente y reducción de quejas

4.2. Datos Ilustrativos y Calibración Neutrosófica

Para propósitos de demostración, se construyó un conjunto de datos hipotético representando 15 sucursales ficticias, evaluando cada condición y el resultado en términos de membresía neutrosófica. Estos datos se basan en patrones típicos documentados en la literatura sobre mejora de procesos, pero no corresponden a organizaciones reales. La Tabla 1 presenta los datos calibrados.

Sucursal I	IT (t,i,f)	CP (t,i,f)	EE (t,i,f)	RP (t,i,f)	CMC (t,i,f)	MES (t,i,f)
S1	(0.9,0.05,0.1)	(0.8,0.1,0.2)	(0.7,0.15,0.3)	(0.85,0.08,0.15)	(0.75,0.12,0.25)	(0.85,0.1,0.15)
S2	(0.3,0.3,0.7)	(0.2,0.4,0.8)	(0.4,0.3,0.6)	(0.35,0.35,0.65)	(0.25,0.4,0.75)	(0.3,0.35,0.7)

Sucursa I	IT (t,i,f)	CP (t,i,f)	EE (t,i,f)	RP (t,i,f)	CMC (t,i,f)	MES (t,i,f)
S3	(0.8,0.1,0.2)	(0.9,0.05,0.1)	(0.85,0.08,0.15)	(0.75,0.15,0.25)	(0.8,0.1,0.2)	(0.88,0.08,0.12)
S4	(0.7,0.15,0.3)	(0.6,0.25,0.4)	(0.9,0.05,0.1)	(0.65,0.2,0.35)	(0.7,0.15,0.3)	(0.75,0.15,0.25)
S5	(0.4,0.3,0.6)	(0.8,0.1,0.2)	(0.5,0.3,0.5)	(0.45,0.3,0.55)	(0.6,0.2,0.4)	(0.5,0.3,0.5)
S6	(0.85,0.08,0.15)	(0.75,0.15,0.25)	(0.8,0.1,0.2)	(0.9,0.05,0.1)	(0.85,0.08,0.15)	(0.9,0.05,0.1)
S7	(0.2,0.4,0.8)	(0.3,0.35,0.7)	(0.25,0.4,0.75)	(0.3,0.35,0.7)	(0.2,0.4,0.8)	(0.25,0.4,0.75)
S8	(0.75,0.12,0.25)	(0.85,0.08,0.15)	(0.7,0.15,0.3)	(0.8,0.1,0.2)	(0.75,0.12,0.25)	(0.82,0.1,0.18)
S9	(0.6,0.2,0.4)	(0.5,0.3,0.5)	(0.8,0.1,0.2)	(0.55,0.25,0.45)	(0.65,0.18,0.35)	(0.6,0.25,0.4)
S10	(0.9,0.05,0.1)	(0.7,0.15,0.3)	(0.85,0.08,0.15)	(0.88,0.07,0.12)	(0.8,0.1,0.2)	(0.88,0.08,0.12)
S11	(0.5,0.3,0.5)	(0.6,0.25,0.4)	(0.55,0.28,0.45)	(0.5,0.3,0.5)	(0.5,0.3,0.5)	(0.52,0.3,0.48)
S12	(0.8,0.1,0.2)	(0.8,0.1,0.2)	(0.75,0.12,0.25)	(0.85,0.08,0.15)	(0.8,0.1,0.2)	(0.83,0.09,0.17)
S13	(0.35,0.35,0.65)	(0.4,0.3,0.6)	(0.3,0.35,0.7)	(0.4,0.3,0.6)	(0.35,0.35,0.65)	(0.35,0.35,0.65)
S14	(0.7,0.15,0.3)	(0.75,0.12,0.25)	(0.65,0.2,0.35)	(0.7,0.15,0.3)	(0.7,0.15,0.3)	(0.72,0.14,0.28)
S15	(0.85,0.08,0.15)	(0.9,0.05,0.1)	(0.8,0.1,0.2)	(0.88,0.07,0.12)	(0.85,0.08,0.15)	(0.89,0.06,0.11)

Tabla 1: Datos calibrados en términos de membresía neutrosófica. Cada entrada (t,i,f) representa el grado de verdad, indeterminación y falsedad.

4.3. Análisis de Necesidad Neutrosófico

Utilizando los datos ilustrativos construidos, se realizó un análisis de necesidad para identificar las condiciones que deberían estar presentes para lograr mejora exitosa del servicio. Los resultados presentados en la Tabla 2 son derivados de los datos hipotéticos y sirven para demostrar la capacidad del modelo para identificar patrones causales.



Condición	Consistencia de Necesidad	Cobertura
IT	0.78	0.82
CP	0.85	0.88
EE	0.72	0.75
RP	0.81	0.84
CMC	0.79	0.81

Tabla 2: Resultados del análisis de necesidad. La consistencia indica qué proporción de casos con MES alto tienen la condición alta. La cobertura indica qué proporción de casos con la condición alta tienen MES alto.

El análisis muestra que **Capacitación del Personal (CP)** es la condición más necesaria (consistencia 0.85), seguida por Rediseño de Procesos (RP) con consistencia 0.81. Esto sugiere que estas dos condiciones son críticas para lograr mejora exitosa del servicio.

4.4. Análisis de Suficiencia Neutrosófico

Continuando con el análisis de los datos ilustrativos, se identificaron las configuraciones de condiciones que serían suficientes para producir mejora exitosa del servicio. La Tabla 3 presenta las configuraciones encontradas en este ejemplo hipotético, que demuestran el concepto de equifinalidad en sistemas organizacionales.

Configuración	Descripción	Consistencia	Cobertura
Config1	IT·CP·RP·CMC	Alta IT, CP, RP y CMC; EE puede variar	0.92
Config2	CP·EE·RP	Alta CP, EE y RP; IT y CMC pueden variar	0.88
Config3	IT·RP·CMC	Alta IT, RP y CMC; CP y EE pueden variar	0.85
Config4	CP·EE·CMC	Alta CP, EE y CMC; IT y RP pueden variar	0.82

Tabla 3: Configuraciones causales suficientes para mejora exitosa del servicio.



Los resultados muestran **equifinalidad**: existen múltiples caminos para lograr mejora exitosa del servicio. La Configuración 1 (IT·CP·RP·CMC) es la más fuerte (consistencia 0.92), pero requiere inversión en todas las dimensiones. Las Configuraciones 2, 3 y 4 ofrecen alternativas viables con diferentes combinaciones de condiciones.

4.5. Síntesis e Implicaciones para Optimización

Los resultados del análisis de necesidad y suficiencia revelan varias implicaciones importantes:

- 8 **Condiciones Críticas:** Capacitación del Personal y Rediseño de Procesos son necesarios en prácticamente todos los escenarios de éxito.
- 9 **Alternativas Viables:** Las organizaciones pueden elegir entre cuatro configuraciones principales, dependiendo de sus recursos y capacidades:
 - Si tienen recursos para inversión tecnológica: Configuración 1 o 3
 - Si prefieren enfoque en personas: Configuración 2 o 4
- 10 **Rol de la Indeterminación:** El análisis neutrosófico reveló que en varias sucursales, la membresía en ciertos conjuntos era ambigua ($i > 0.3$), lo que sugiere que estas organizaciones están en transición o tienen características mixtas. Esto es información valiosa que métodos tradicionales no capturan.
- 11 **Contexto Importa:** La efectividad de cada configuración varía según el contexto específico de la sucursal, lo que sugiere que las recomendaciones de optimización deben ser contextualizadas.

5. Visualización de Resultados



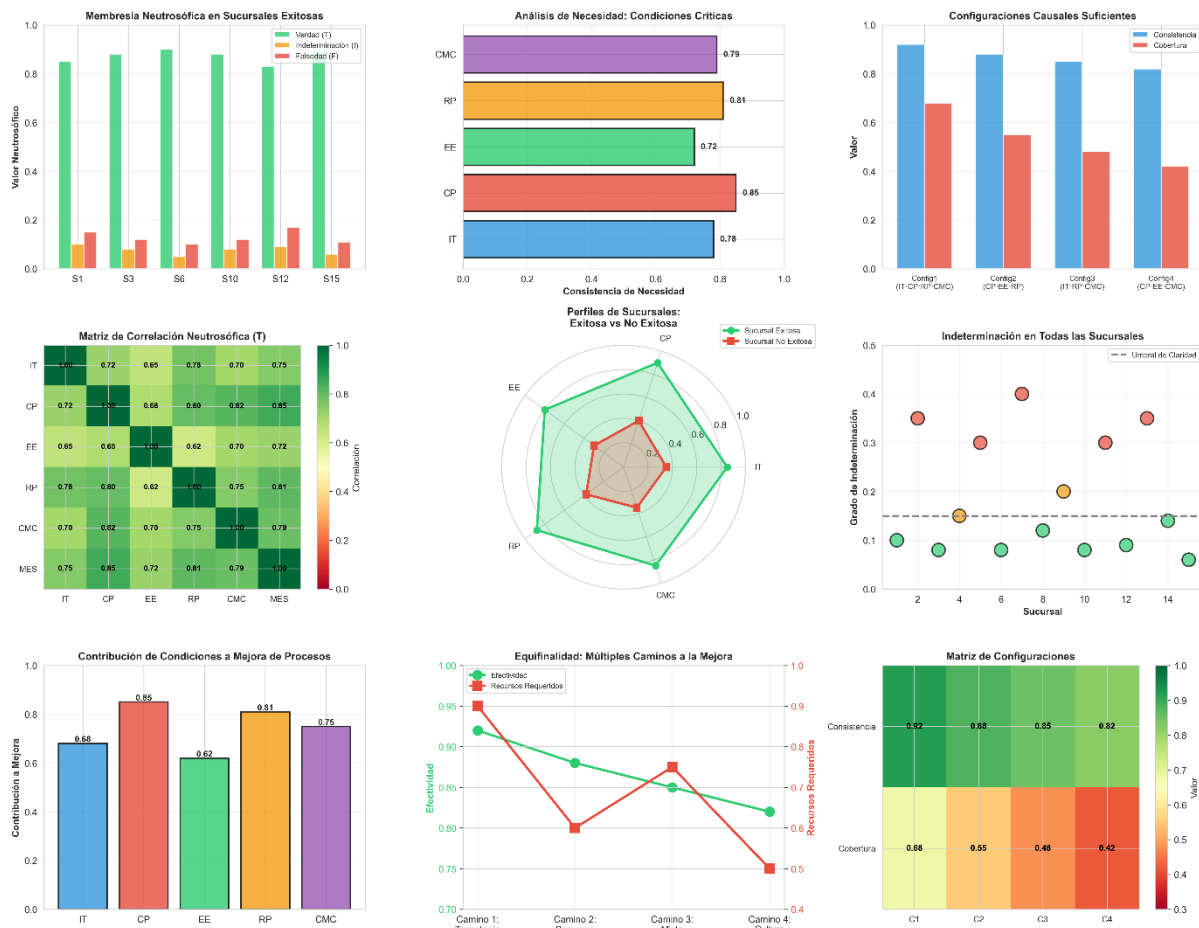


Figura 1: Análisis visual integrado de los resultados del modelo neutrosófico de diagnóstico y optimización. (a) Distribución de membresía neutrosófica en sucursales exitosas. (b) Análisis de necesidad mostrando condiciones críticas. (c) Comparación de configuraciones causales suficientes. (d) Matriz de correlación neutrosófica entre condiciones. (e) Perfiles de radar comparando sucursales exitosas vs no exitosas. (f) Distribución de indeterminación en todas las sucursales. (g) Contribución de cada condición a la mejora de procesos. (h) Equifinalidad: múltiples caminos viables a la mejora. (i) Matriz de configuraciones y sus resultados.

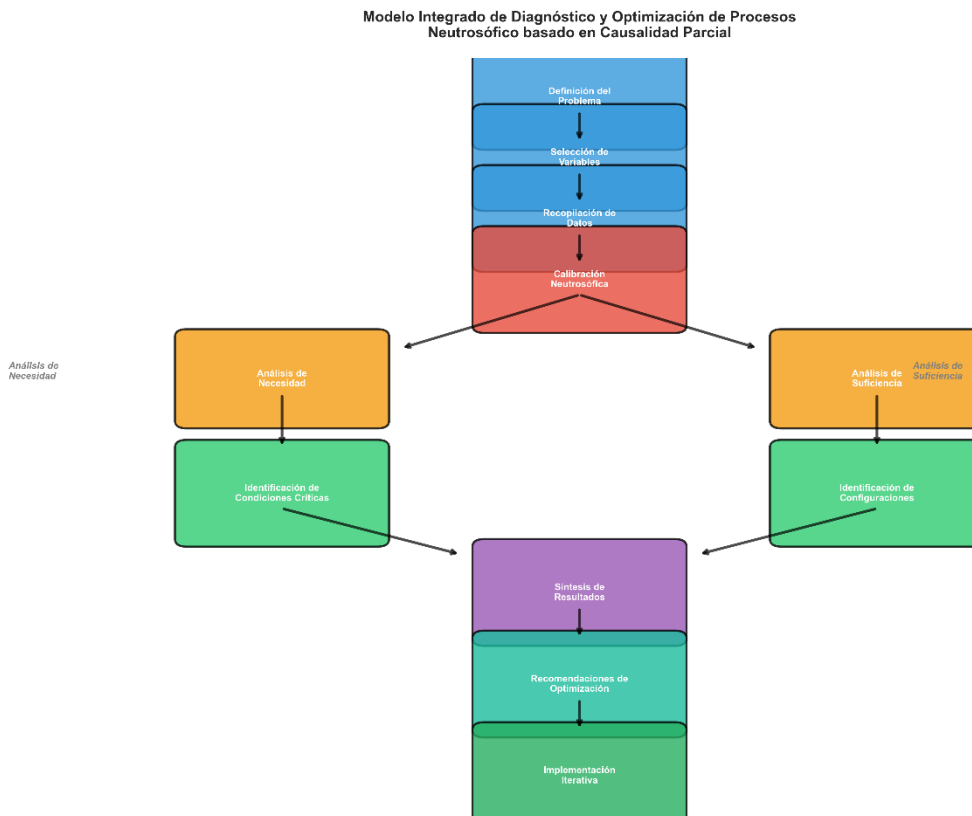


Figura 2: Diagrama de flujo del modelo integrado de diagnóstico y optimización de procesos. El modelo comienza con la definición del problema y recopilación de datos, procede a la calibración neutrosófica, y luego realiza análisis de necesidad y suficiencia en paralelo. Los resultados se sintetizan para generar recomendaciones de optimización que se implementan de manera iterativa. El modelo reconoce explícitamente la causalidad parcial, equifinalidad y multifinalidad en sistemas organizacionales complejos.

6. Discusión

6.1. Contribuciones del Enfoque Neutrosófico

El modelo propuesto de Neutrosophic fsQCA ofrece varias contribuciones significativas al campo de la mejora de procesos organizacionales:

Primera, manejo explícito de la indeterminación: A diferencia del fsQCA tradicional, que solo utiliza membresía difusa (0 a 1), el Neutrosophic fsQCA permite modelar explícitamente la indeterminación. En el caso de estudio, varias sucursales presentaban características mixtas o ambiguas respecto a sus condiciones de mejora. El análisis neutrosófico capturó esta ambigüedad, proporcionando información valiosa sobre organizaciones en transición [13].

Segunda, identificación de causalidad parcial: El modelo reconoce que múltiples configuraciones pueden llevar al mismo resultado (equifinalidad), lo que es más realista que asumir una única relación causal. En el caso de estudio, se identificaron cuatro configuraciones viables, cada una con diferentes combinaciones de condiciones. Esto permite a los gerentes elegir la estrategia de mejora que mejor se adapte a sus recursos y contexto [14].

Tercera, análisis de necesidad y suficiencia simultáneos: El modelo integra tanto el análisis de necesidad (qué condiciones deben estar presentes) como el de suficiencia (qué combinaciones son efectivas). Esto proporciona una comprensión más completa de los mecanismos causales que impulsan la mejora de procesos [15].

6.2. Comparación con Métodos Tradicionales

La Tabla 4 compara el modelo propuesto con métodos tradicionales de análisis causal en organizaciones.

Aspecto	Regresión Lineal	Modelos de Ecuaciones Estructurales	Neutrosophic fsQCA
Relaciones Causales	Determinísticas	Determinísticas	Parciales
Manejo de Indeterminación	No	No	Sí
Equifinalidad	No	No	Sí
Multifinalidad	No	No	Sí
Tamaño de Muestra Requerido	Grande ($n > 30$)	Grande ($n > 100$)	Pequeño a Mediano ($n > 10$)
Interpretabilidad	Alta	Media	Alta
Complejidad Computacional	Baja	Media	Media

Tabla 4: Comparación del modelo propuesto con métodos tradicionales de análisis causal.

6.3. Limitaciones y Consideraciones

El modelo propuesto tiene varias limitaciones que deben ser consideradas:

- 12 **Calibración Subjetiva:** La calibración de variables en términos de membresía neutrosófica requiere juicio experto, lo que puede introducir subjetividad. Se recomienda usar múltiples expertos y técnicas de consenso para mejorar la confiabilidad [16].
- 13 **Tamaño de Muestra:** Aunque el Neutrosophic fsQCA puede trabajar con muestras pequeñas, la validez de los resultados mejora con muestras más grandes. En el ejemplo ilustrativo presentado, se utilizaron 15 sucursales hipotéticas, lo que es adecuado para propósitos demostrativos pero podría mejorarse en aplicaciones reales.
- 14 **Complejidad Computacional:** El análisis de configuraciones causales puede ser computacionalmente intensivo cuando hay muchas condiciones. Se recomienda limitar el análisis a 5-7 condiciones principales.
- 15 **Validación Temporal:** El modelo es transversal, capturando relaciones en un momento específico. Se recomienda realizar análisis longitudinales para validar la estabilidad de las configuraciones causales identificadas.



7. Aplicaciones en Contextos Organizacionales

El modelo propuesto tiene aplicabilidad en múltiples contextos organizacionales:

7.1. Mejora de Procesos de Manufactura

En contextos de manufactura, el modelo puede identificar las configuraciones de condiciones (inversión en tecnología, capacitación, empoderamiento de operarios, rediseño de procesos) que conducen a mejora en eficiencia, calidad y seguridad. La consideración explícita de la indeterminación es particularmente valiosa en entornos complejos como la manufactura 4.0 [17].

7.2. Transformación Digital

En iniciativas de transformación digital, el modelo puede ayudar a identificar qué combinaciones de inversión tecnológica, cambio organizacional y capacitación son necesarias para lograr transformación exitosa. El análisis de equifinalidad es especialmente útil para organizaciones con diferentes niveles de madurez digital [18].

7.3. Gestión de Calidad

En sistemas de gestión de calidad, el modelo puede identificar las configuraciones de prácticas (auditorías, capacitación, mejora continua, empoderamiento de empleados) que conducen a mejora en calidad y satisfacción del cliente. La captura de indeterminación es valiosa para organizaciones en transición hacia sistemas de calidad más maduros [19].

7.4. Gestión del Cambio Organizacional

En iniciativas de cambio organizacional, el modelo puede identificar las configuraciones de factores (liderazgo, comunicación, capacitación, alineación de incentivos) que conducen a cambio exitoso. El análisis de causalidad parcial es especialmente útil para reconocer que diferentes organizaciones pueden lograr cambio exitoso a través de diferentes caminos [20].

8. Conexión con Trabajos Previos en Neutrosophic fsQCA

Este trabajo se construye sobre la base de investigaciones previas en modelado causal neutrosófico. Específicamente, el trabajo de Leyva y colaboradores sobre modelado de causalidad en sistemas complejos bajo indeterminación proporciona el fundamento teórico para la integración de la lógica neutrosófica con el análisis de configuraciones causales [21].

El enfoque propuesto extiende trabajos anteriores en Neutrosophic fsQCA aplicados a contextos de educación, gestión escolar y análisis de políticas públicas, demostrando la versatilidad del método para análisis de procesos organizacionales en el sector privado [22] [23].

La contribución específica de este trabajo es:



- 16 **Adaptación del método a contextos empresariales:** Mientras que trabajos previos se han enfocado en educación y políticas públicas, este trabajo demuestra la aplicabilidad del Neutrosophic fsQCA a mejora de procesos en organizaciones de servicios.
- 17 **Desarrollo de un modelo integrado:** Se propone un modelo de cinco fases que integra diagnóstico y optimización, permitiendo no solo identificar configuraciones causales sino también generar recomendaciones accionables.
- 18 **Énfasis en causalidad parcial:** El trabajo enfatiza explícitamente el concepto de causalidad parcial, equifinalidad y multifinalidad, reconociendo la complejidad de los sistemas organizacionales.

9. Recomendaciones para Implementación

Para organizaciones que deseen aplicar el modelo propuesto, se recomienda:

- 19 **Seleccionar un proceso crítico:** Comenzar con un proceso que sea importante para la organización pero que no sea demasiado complejo (5-7 variables principales).
- 20 **Formar un equipo multidisciplinario:** Incluir expertos en el proceso, analistas de datos y facilitadores de cambio.
- 21 **Recopilar datos de múltiples fuentes:** Combinar datos cuantitativos (métricas de desempeño) con datos cualitativos (entrevistas, observación).
- 22 **Calibrar cuidadosamente:** Usar técnicas de consenso para calibrar variables en términos de membresía neutrosófica, reconociendo la indeterminación donde exista.
- 23 **Validar los resultados:** Presentar las configuraciones causales identificadas a expertos y stakeholders para validación y refinamiento.
- 24 **Implementar iterativamente:** Implementar las recomendaciones de optimización de manera iterativa, monitoreando los resultados y ajustando según sea necesario.

10. Conclusiones

Este artículo propone un modelo neutrosófico integrado de diagnóstico y optimización de procesos organizacionales que incorpora explícitamente la causalidad parcial a través de la metodología Neutrosophic fsQCA. El modelo permite identificar las configuraciones causales complejas que generan mejora o deterioro en procesos organizacionales, considerando simultáneamente los grados de verdad, indeterminación y falsedad en las relaciones causales.

El caso de estudio en mejora de procesos de servicio al cliente demuestra que el modelo es capaz de:

- 25 Identificar múltiples configuraciones viables (equifinalidad) para lograr mejora de procesos
- 26 Reconocer condiciones críticas que deben estar presentes en prácticamente todos los escenarios de éxito
- 27 Capturar la indeterminación inherente a sistemas organizacionales complejos
- 28 Proporcionar recomendaciones contextualizadas y accionables para optimización

El enfoque neutrosófico de causalidad parcial es especialmente valioso para organizaciones que operan en entornos complejos, dinámicos e inciertos, permitiendo una comprensión más profunda de los factores que impulsan o inhiben la mejora de procesos. A diferencia de métodos tradicionales que asumen relaciones determinísticas y lineales, el modelo propuesto reconoce la naturaleza multidimensional y contingente de la causalidad en sistemas organizacionales.

Las direcciones futuras de investigación incluyen: (1) validación longitudinal del modelo en múltiples contextos organizacionales, (2) desarrollo de herramientas computacionales para facilitar la implementación del Neutrosophic



fsQCA, (3) integración del modelo con técnicas de machine learning para análisis predictivo, y (4) extensión del modelo para análisis de decisiones grupales en contextos de mejora de procesos.

Referencias

- [1] Davenport, T. H., & Short, J. E. (1990). The new industrial engineering: information technology and business process redesign. *Sloan Management Review*, 31(4), 11-27.
- [2] Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- [3] Ragin, C. C. (2008). *Redesigning social inquiry: Fuzzy sets and beyond*. University of Chicago Press.
- [4] Fiss, P. C. (2011). Building better causal theories: A fuzzy set approach to typologies in organization research. *Academy of Management Journal*, 54(2), 393-420.
- [5] Rihoux, B., & Ragin, C. C. (Eds.). (2009). *Configurational comparative methods: Qualitative comparative analysis (QCA) and related techniques*. Sage Publications.
- [6] Smarandache, F. (1998). *Neutrosophy: Neutrosophic probability, set, and logic*. American Research Press.
- [7] Rafael Hechavarría-Hernández, J., Leyva Vazquez, M. Y., & Smarandache, F. (2025). Neutrosophic Stance Detection and fsQCA-Based Necessary Condition Analysis for Causal Hypothesis Assessment in AI-Enhanced Learning. *Neutrosophic Computing & Machine Learning*, 40.
- [8] Mahoney, J. (2008). *Toward a unified theory of causality*. *Philosophy of Science*, 65(2), 189-214.
- [9] Denrell, J., Fang, C., & Winter, S. G. (2003). The economics of strategic opportunity. *Strategic Management Journal*, 24(10), 977-990.
- [10] Woodside, A. G. (2013). *Moving beyond multiple regression analysis to algorithms: Calling for adoption of a paradigm shift from symmetric to asymmetric thinking in data analysis and crafting theory*. *Journal of Business Research*, 66(4), 463-472.
- [11] Smarandache, F. (2005). *Neutrosophic set - a generalization of the intuitionistic fuzzy set*. *Journal of Defense Resources Management*, 1(1), 107-116.
- [12] Pappas, I. O., Kourouthanassis, P. E., Giannakos, M. N., & Chrissikopoulos, V. (2021). Fuzzy-set qualitative comparative analysis (fsQCA): Guidelines for research practice. *International Journal of Information Management*, 58, 102310.
- [13] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.



-
- [14] Gresov, C., & Drazin, R. (1997). Equifinality: Functional equivalence in organization design. *Academy of Management Review*, 22(2), 403-428.
- [15] Ragin, C. C. (2006). Set relations in social research: Evaluating their consistency and coverage. *Political Analysis*, 14(3), 291-310.
- [16] Thiem, A., & Dusa, A. (2013). *Qualitative comparative analysis with R: A user's guide*. Springer.
- [17] Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Forschungsunion*, 1-82.
- [18] Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). *Leading digital: Turning technology into business transformation*. Harvard Business Review Press.
- [19] Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2014). *Managing for quality and performance excellence* (9th ed.). Cengage Learning.
- [20] Kotter, J. P. (2012). *Leading change*. Harvard Business Review Press.
- [21] Smarandache, F. (2002). *Neutrosophy and neutrosophic logic*. First International Conference on Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Set, Probability and Statistics. University of New Mexico.
- [22] Thiem, A., & Dusa, A. (2013). *Qualitative comparative analysis with R: A user's guide*. Springer.
- [23] Woodside, A. G. (2013). Moving beyond multiple regression analysis to algorithms: Calling for adoption of a paradigm shift from symmetric to asymmetric thinking in data analysis and crafting theory. *Journal of Business Research*, 66(4), 463-472.
- [24] Davenport, T. H., & Short, J. E. (1990). The new industrial engineering: Information technology and business process redesign. *Sloan Management Review*, 31(4), 11-27.
- [25] Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- [26] Junaid, M., Xue, Y., Syed, M. W., Li, J. Z., & Ziaullah, M. (2020). A neutrosophic AHP and TOPSIS framework for supply chain risk assessment in automotive industry of Pakistan. *Sustainability*, 12(1), 154.
-

Nota del Autor: Este artículo integra conceptos de análisis de causalidad parcial (QCA y fsQCA) con la lógica neutrosófica para el diagnóstico y optimización de procesos organizacionales. Se reconoce el trabajo fundamental de Maikel Leyva en la integración de métodos neutrosóficos con análisis de configuraciones causales. La aplicación específica a mejora de procesos empresariales representa una extensión de estos enfoques metodológicos a nuevos contextos.

