



Estrategias Basadas en Inteligencia Artificial para PYMES en República Dominicana: Integración del Modelo PEST-FODA Neutrosófico en Contextos de Incertidumbre.

Artificial Intelligence-Based Strategies for SMEs in the Dominican Republic: Integration of the Neutrosophic PEST-SWOT Model in Uncertain Contexts.

Karina Pérez Teruel¹

¹Escuela de Administración Barna , Santo Domingo, República Dominicana; karina.perez@barna.edu.do

Resumen.

El presente trabajo aborda el proceso de incorporación de la Inteligencia Artificial (IA) en las pequeñas y medianas empresas (PYME) de la República Dominicana, empleando como marco un análisis PESTLE con enfoque neutrosófico. El término PESTLE integra los aspectos Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Legales y Ecológicos, mientras que la perspectiva neutrosófica se fundamenta en la Filosofía de la Indeterminación. De esta manera, se examinan los factores que condicionan la implementación de la IA en el país, destacando tanto los beneficios y limitaciones como los elementos inciertos vinculados a su aplicación. Los resultados obtenidos sugieren que una adopción progresiva permitiría a las PYME interpretar la incertidumbre no como un obstáculo, sino como un recurso estratégico para fortalecer su competitividad mediante mayor eficiencia operativa, optimización en la atención al cliente y procesos de decisión más sólidos. En conclusión, la investigación evidencia que la IA constituye, en escenarios micro y macro caracterizados por la complejidad, un recurso indispensable para sostener ventajas competitivas, confirmando lo señalado en estudios recientes sobre el contexto dominicano.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, PYMES, República Dominicana, Transformación Digital, Neutrosófica, Análisis PEST, Incertidumbre, Estrategia, Competitividad, Toma de Decisiones, Sostenibilidad.

Abstract

This paper examines the incorporation of Artificial Intelligence (AI) into small and medium-sized enterprises (SMEs) in the Dominican Republic, using a PESTLE analysis with a neutrosophic approach as the guiding framework. The PESTLE model considers Political, Economic, Social, Technological, Legal, and Environmental dimensions, while the neutrosophic perspective is based on the Philosophy of Indeterminacy. The study analyzes the key factors influencing AI implementation in the country, emphasizing benefits, limitations, and uncertain elements associated with its application. The findings suggest that a progressive adoption enables SMEs to interpret uncertainty not as a barrier but as a strategic asset to strengthen competitiveness through enhanced operational efficiency, improved customer service, and more robust decision-making processes. The results demonstrate that AI, within complex micro and macro scenarios, represents an essential resource for sustaining competitive advantages, aligning with recent studies on the Dominican context.

Keywords: Artificial Intelligence, SMEs, Dominican Republic, Digital Transformation, Neutrosophic, PESTLE Analysis, Uncertainty, Strategy, Competitiveness, Decision-Making, Sustainability.

1. Introducción



La adopción de la Inteligencia Artificial (IA) por parte de las Pequeñas y Medianas Empresas (PYME) en la República Dominicana constituye un tema crítico en el contexto de la cuarta revolución industrial. Este estudio explora cómo las PYME pueden integrar la IA para mejorar su competitividad, frente a un entorno complejo marcado por la incertidumbre económica, social y tecnológica. La relevancia de esta investigación radica en el papel central de las PYME, que representan aproximadamente el 32-35% del Producto Interno Bruto (PIB) dominicano y generan empleo para más del 60% de la fuerza laboral [1], [2]. Sin embargo, la baja madurez digital, con solo el 20-30% de estas empresas utilizando tecnologías avanzadas, obstaculiza su capacidad para aprovechar la IA [3], [4]. Este artículo propone un marco analítico innovador que combina el análisis PESTLE (Político, Económico, Social, Tecnológico, Legal y Ambiental) con la Neutrosofía, permitiendo a las PYME navegar por la indeterminación inherente a su contexto y transformar la incertidumbre en una ventaja estratégica.

Históricamente, las PYMES dominicanas se han enfrentado a retos estructurales como los altos costos operativos, el acceso limitado al financiamiento y la falta de competencias digitales, lo que limita su capacidad de innovación [2], [5]. Desde la llegada de la Agenda Digital 2030 y la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA) en 2023, el gobierno ha impulsado la transformación digital, especialmente en sectores clave como el turismo y el comercio [6]. Sin embargo, la adopción de tecnologías emergentes como la IA ha sido lenta, con una penetración de internet del 89% en 2024, pero con deficiencias en la calidad y el acceso fuera de los centros urbanos [4]. Este panorama refleja un entorno dinámico pero contradictorio, donde las oportunidades de la IA coexisten con importantes barreras, lo que subraya la necesidad de enfoques estratégicos adaptados al contexto local.

El problema central que aborda este estudio es cómo las pymes dominicanas pueden adoptar eficazmente la IA en un entorno caracterizado por una alta incertidumbre y recursos limitados. ¿Cómo puede un marco que combina el análisis PESTLE con Neutrosophic guiar a estas empresas a superar las barreras políticas, económicas, sociales, tecnológicas, legales y ambientales, transformando la incertidumbre en una ventaja competitiva? Esta pregunta, aún sin respuesta definitiva en la literatura, es crucial dado el impacto económico de las pymes y la urgencia de su transformación digital para mantenerse competitivas en un mercado globalizado [1], [7].

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar un marco PESTLE- neutrosófico que permita a las pymes dominicanas analizar su entorno, identificar oportunidades y desafíos, y diseñar estrategias prácticas para la adopción de IA. En segundo lugar, busca ofrecer una hoja de ruta viable que aborde la incertidumbre inherente a este proceso, promoviendo aplicaciones específicas como la optimización de operaciones, la mejora de la experiencia del cliente y la toma de decisiones basada en datos. Estos objetivos están alineados con la pregunta de investigación y se desarrollarán a lo largo del artículo, proporcionando una guía clara para los líderes empresariales en la República Dominicana.

2. Preliminares.

2.1. Inteligencia artificial para PYMES .

La Inteligencia Artificial (IA) se ha consolidado como un pilar transformador en la economía global, y su relevancia para las pequeñas y medianas empresas (PYME) es fundamental. En contextos como el de República Dominicana, donde las PYME representan aproximadamente entre el 32% y el 35% del PIB y generan más del 60% del empleo, la adopción de la IA ofrece la oportunidad de superar barreras estructurales como los altos costos y la baja digitalización. Sin embargo, este proceso está plagado de incertidumbre, desde limitaciones financieras hasta la falta de habilidades técnicas. Este análisis evalúa el potencial de la IA para las PYME, destacando su capacidad para optimizar las operaciones, mejorar la experiencia del cliente y fortalecer la toma de decisiones, a la vez que aborda los desafíos inherentes a su implementación.

Históricamente, las pymes han tenido dificultades para adoptar tecnologías emergentes debido a la escasez de recursos y conocimientos. En República Dominicana, por ejemplo, solo entre el 20 % y el 30 % de estas empresas han integrado herramientas digitales avanzadas, lo que refleja una creciente madurez digital. A pesar de ello, la democratización de la IA, impulsada por soluciones de software como servicio (SaaS) de bajo coste, ha abierto nuevas posibilidades. Plataformas como Zoho y HubSpot permiten a las pymes implementar herramientas de IA sin grandes inversiones iniciales, transformando procesos como la gestión de inventario y la atención al cliente. Sin embargo, este avance tecnológico coexiste con desafíos como la calidad desigual de la infraestructura de internet, especialmente en zonas rurales.

Un argumento central a favor de la IA es su capacidad para optimizar las operaciones, un aspecto crucial para las pymes con márgenes ajustados. Las herramientas de IA pueden predecir la demanda, reducir el desperdicio y automatizar tareas repetitivas, lo que se traduce en ahorros significativos. Por ejemplo, un sistema de gestión de inventario basado en IA puede reducir las pérdidas entre un 15 % y un 20 %, según estudios recientes [8]. Esta eficiencia operativa no solo mejora la rentabilidad, sino que también permite a las pymes competir con empresas más grandes en mercados dinámicos como el turismo o el comercio electrónico, sectores clave en las economías emergentes.

Además, la IA transforma la experiencia del cliente, un factor diferenciador en mercados competitivos. Los chatbots impulsados por IA, por ejemplo, ofrecen soporte 24/7, mejorando la satisfacción del cliente y reduciendo los costos de personal. En República Dominicana, donde la penetración de internet alcanzó el 89% para 2024, los consumidores están cada vez más acostumbrados a las interacciones digitales [9]. Sin embargo, la confianza en los sistemas automatizados sigue siendo un desafío, ya que muchos clientes dominicanos prefieren las interacciones humanas. Esta incertidumbre requiere que las pymes inviertan en la educación de su base de clientes, lo que añade una capa de complejidad a la adopción de la IA. La toma de decisiones basada en datos es otro beneficio clave de la IA, particularmente en entornos económicos volátiles. Los algoritmos de análisis predictivo permiten a las pymes anticipar las tendencias del mercado, optimizar los precios y gestionar los riesgos financieros. En un contexto como el de República Dominicana, donde la inflación y las fluctuaciones monetarias son preocupaciones constantes, estas herramientas ofrecen una ventaja estratégica [10]. Sin embargo, la falta de datos estructurados en muchas pymes y la interoperabilidad limitada con los sistemas heredados pueden dificultar una implementación efectiva, lo que subraya la necesidad de soluciones adaptadas a sus capacidades.

A pesar de estas oportunidades, los desafíos son significativos. La inversión inicial en IA, aunque reducida por las soluciones SaaS, sigue siendo un obstáculo para las PYME con acceso limitado a financiamiento. En República Dominicana, las altas tasas de interés y la reticencia de los bancos a financiar activos intangibles como el software complican la ecuación [11]. Además, la brecha de habilidades digitales es pronunciada: muchos empleados y propietarios carecen de la capacitación necesaria para implementar o administrar herramientas de IA. Este factor, combinado con una infraestructura tecnológica desigual, limita el impacto inmediato de la IA en sectores fuera de los centros urbanos. Desde una perspectiva estratégica, el marco PEST- Neutrosófico propuesto en este estudio ofrece una solución innovadora para abordar estos desafíos. Al integrar el análisis político, económico, social y tecnológico con la neutrosofía, las PYME pueden mapear no solo las oportunidades y amenazas, sino también las zonas de indeterminación que dominan la toma de decisiones. Por ejemplo, si bien la Estrategia Nacional para la Inteligencia Artificial (ENIA) de 2023 promete apoyo gubernamental, su implementación real para las PYME individuales sigue siendo incierta. Este enfoque neutrosófico permite a los líderes empresariales planificar de forma más resiliente, aceptando la incertidumbre como parte integral del proceso.

La evaluación de la IA para las PYMES debe considerar su potencial transformador frente a los riesgos asociados. Si bien los beneficios en eficiencia, experiencia del cliente y toma de decisiones son claros, el éxito depende de un enfoque gradual y estratégico. Las PYMES deberían comenzar con proyectos piloto de bajo costo, como chatbots gratuitos o herramientas analíticas básicas, y medir los resultados antes de ampliarlos. La capacitación del personal, apoyada por iniciativas gubernamentales como los Centros para MIPYMES, es igualmente crucial para cerrar la brecha de habilidades. Este enfoque pragmático mitiga los riesgos financieros y técnicos, maximizando el retorno de la inversión. En conclusión, la IA representa una oportunidad sin precedentes para que las PYMES dominicanas superen sus limitaciones estructurales y se posicionen como actores competitivos en la economía global. Sin embargo, su adopción requiere navegar en un entorno complejo de oportunidades, amenazas e incertidumbres. El marco PEST- Neutrosófico proporciona una sólida guía para este proceso, permitiendo a las PYMES transformar la incertidumbre en ventaja estratégica. Con políticas públicas de apoyo, como la ENIA, y un enfoque en soluciones accesibles, las PYMES no solo sobrevivirán, sino que también liderarán la transformación digital en la región.

Por lo tanto, la IA no debe percibirse como una tecnología inalcanzable, sino como una herramienta accesible que, con una implementación estratégica, puede redefinir el futuro de las pymes. La clave reside en aceptar la incertidumbre, no como un obstáculo, sino como una oportunidad para innovar y crecer. Las pymes que adopten este enfoque estarán mejor posicionadas para prosperar en la cuarta revolución industrial, contribuyendo al desarrollo económico sostenible de la República Dominicana.

2.2. Análisis FODA

El análisis FODA (Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas) es una metodología fundamental para diagnosticar la situación actual de una organización o proyecto. Esta técnica permite examinar sistemáticamente tanto los factores internos (Fortalezas y Debilidades) como los externos (Oportunidades y Amenazas), organizándolos en una matriz estructurada para una mejor comprensión [12].

- El proceso de implementación del FODA consta de cuatro etapas principales:
- Realización de análisis externo (identificación de oportunidades y amenazas)
- Desarrollo de análisis interno (evaluación de fortalezas y debilidades)
- Construcción de la matriz FODA



- Formulación de estrategias basadas en los hallazgos

La viabilidad y el crecimiento de cualquier organización están intrínsecamente relacionados con su entorno externo, que presenta tanto oportunidades de desarrollo (oportunidades) como riesgos potenciales (amenazas). Estos elementos constituyen la base del análisis externo. A su vez, los factores internos (fortalezas y debilidades) están directamente vinculados con la capacidad de gestión y los recursos de la organización [12].

Clasificación de factores FODA :

- Factores positivos (impulsores del crecimiento): oportunidades y fortalezas
- Factores negativos (barreras al desarrollo): Amenazas y Debilidades

Las oportunidades representan circunstancias externas favorables que, al identificarse y aprovecharse adecuadamente, pueden impulsar el éxito organizacional. Por otro lado, las amenazas son situaciones del entorno que podrían afectar negativamente a la organización y requieren estrategias de mitigación específicas.

Internamente, las debilidades son aquellos aspectos que limitan el rendimiento organizacional y deben superarse mediante una gestión eficaz. Las fortalezas son capacidades distintivas que brindan ventajas competitivas y deben potenciarse.

El análisis FODA examina las fortalezas y debilidades en múltiples dimensiones organizacionales, entre ellas:

- Recursos financieros y de capital
- Talento humano y equipo capacidades
- Física y tecnológica activos
- Calidad de productos / servicios
- Organizativo estructura
- Mercado posicionamiento
- Cliente percepción y satisfacción

Los resultados de este análisis se integran en una matriz FODA, donde son evaluados por especialistas. Esta evaluación conjunta proporciona una visión estratégica clara y define las acciones más adecuadas para el crecimiento y la sostenibilidad de la organización o proyecto [13].

2.3. Análisis PEST

El análisis PEST es una herramienta fundamental para examinar los factores externos que afectan a una organización, centrándose en cuatro dimensiones clave: política, económica, social y tecnológica. Esta metodología proporciona información valiosa sobre cómo las regulaciones legales, las fluctuaciones económicas, los cambios socioculturales y las innovaciones tecnológicas influyen en el rendimiento empresarial [14].

Componentes principales del análisis PEST:

- Factores políticos: incluyen la legislación ambiental, las regulaciones de competencia, la estabilidad gubernamental y las políticas fiscales.
- Factores económicos: Incluyen indicadores macroeconómicos, tasas de interés, inflación y condiciones del mercado.
- Factores sociales: Analizar tendencias demográficas, patrones de consumo y valores culturales.
- Factores Tecnológicos: Evalúan los avances tecnológicos, la adopción de innovaciones y la transforma-



ción digital.

Metodología PEST-FODA: Un enfoque integrado

La metodología PEST-SWOT combina ambos análisis en un proceso estructurado de dos fases:

Fase PEST (Externa):

- Diagnóstico integral de el macroambiente
- Identificación de tendencias y cambios relevantes
- Evaluación de potencial impactos

Fase FODA (Interna):

- Organizativo capacidades análisis
- Evaluación de recursos y competencias
- Diagnóstico de la posición competitiva

Esta integración estratégica permite una visión de 360° de la situación del negocio, identificando:

- Oportunidades y amenazas ambientales (PEST)
- Fortalezas y debilidades internas (FODA)

El resultado es una base sólida para formular estrategias corporativas más robustas, alineadas tanto con las condiciones del mercado como con las capacidades organizacionales [15,16 , 17]. holístico acercarse es particularmente valioso para :

- Anticipar cambios disruptivos
- Capitalizar en emergente oportunidades
- Mitigar potencial riesgos
- Optimizar estratégico Toma de decisiones

2.4. Conceptos básicos de neutrosófico

Números Neutrosóficos Triangulares Univaluados [18, 19] . A continuación, se presentan explicaciones clave sobre este tema.

Definición 1 ([19]) : El conjunto isneutrosófico se caracteriza por tres funciones de pertenencia, que son la función de pertenencia de verdad T_A , la función de pertenencia de indeterminación I_A y función de pertenencia de falsedad F_A , donde U es el Universo del Discurso y $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \in]\bar{A}0, 1^+[$, y $\bar{A}0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^+$.

Vea que por definición, $T_A(x), I_A(x)$ y $F_A(x)$ son subconjuntos reales estándar o no estándar de $]\bar{A}0, 1^+[$ y , por lo tanto $T_A(x), I_A(x)$ y $F_A(x)$ pueden ser subintervalos de $[0, 1]$. $\bar{A}0$ y 1^+ Pertenecen al conjunto de los números hiperreales.

Definición 2 ([20]) : El conjunto $F_A: U \rightarrow [0, 1]$ neutrosófico de valor único (SVN N) Aes U , $T_A: U \rightarrow [0, 1]$ donde $A = \{ \langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in U \}$ y $I_A: U \rightarrow [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$.

número neutrosófico de valor único (SVN N) está simbolizado por

$N = (t, i, f)$, tal que $0 \leq t, i, f \leq 1$ y $0 \leq t + i + f \leq 3$.

Definición 3 ([21]) : El número neutrosófico triangular de valor único , $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, es un con-

junto neutrosófico en \mathbb{R} , cuyas funciones de pertenencia de verdad, indeterminación y falsedad se definen de la siguiente manera:

$$T_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \alpha_{\tilde{a}}\left(\frac{x-a_1}{a_2-a_1}\right), a_1 \leq x \leq a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}}, x = a_2 \\ \alpha_{\tilde{a}}\left(\frac{a_3-x}{a_3-a_2}\right), a_2 < x \leq a_3 \\ 0, \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$I_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2-x+\beta_{\tilde{a}}(x-a_1))}{a_2-a_1}, a_1 \leq x \leq a_2 \\ \beta_{\tilde{a}}, x = a_2 \\ \frac{(x-a_2+\beta_{\tilde{a}}(a_3-x))}{a_3-a_2}, a_2 < x \leq a_3 \\ 1, \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$F_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} \frac{(a_2-x+\gamma_{\tilde{a}}(x-a_1))}{a_2-a_1}, a_1 \leq x \leq a_2 \\ \gamma_{\tilde{a}}, x = a_2 \\ \frac{(x-a_2+\gamma_{\tilde{a}}(a_3-x))}{a_3-a_2}, a_2 < x \leq a_3 \\ 1, \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

Dónde $\alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \in [0, 1], a_1, a_2, a_3 \in \mathbb{R}$ y $a_1 \leq a_2 \leq a_3$.

Definición 4 ([22]) : Dado $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ y $\tilde{b} = \langle (b_1, b_2, b_3); \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{b}} \rangle$ dos números neutrosóficos triangulares de un solo valor y λ Cualquier número distinto de cero en la recta real. Se definen las siguientes operaciones:

1. Suma: $\tilde{a} + \tilde{b} = \langle (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$,
2. Resta: $\tilde{a} - \tilde{b} = \langle (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle$,
3. Inversión : $\tilde{a}^{-1} = \langle (a_3^{-1}, a_2^{-1}, a_1^{-1}); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$, dónde $a_1, a_2, a_3 \neq 0$.
4. Multiplicación por un número escalar:

$$\lambda \tilde{a} = \begin{cases} \langle (\lambda a_1, \lambda a_2, \lambda a_3); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, \lambda > 0 \\ \langle (\lambda a_3, \lambda a_2, \lambda a_1); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle, \lambda < 0 \end{cases}$$

5. División de dos números neutrosóficos triangulares:

$$\frac{\tilde{a}}{\tilde{b}} = \begin{cases} \langle \left(\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1}\right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 > 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle \left(\frac{a_3}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_1}\right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle \left(\frac{a_3}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_3}\right); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 < 0 \end{cases}$$

6. Multiplicación de dos números neutrosóficos triangulares:

$$\tilde{a} \tilde{b} = \begin{cases} \langle (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 > 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle (a_1 b_3, a_2 b_2, a_3 b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 > 0 \\ \langle (a_3 b_3, a_2 b_2, a_1 b_1); \alpha_{\tilde{a}} \wedge \alpha_{\tilde{b}}, \beta_{\tilde{a}} \vee \beta_{\tilde{b}}, \gamma_{\tilde{a}} \vee \gamma_{\tilde{b}} \rangle, a_3 < 0 \text{ and } b_3 < 0 \end{cases}$$

Dónde, \wedge Es una norma \vee Es una conorm t.

3. Resultados.

Este estudio realiza un análisis estratégico de los factores que impactan la adopción de la Inteligencia Artificial (IA) por parte de las pequeñas y medianas empresas (PYME) en la República Dominicana. Para realizar esta evaluación, se consultó a un panel de once expertos en tecnología, desarrollo empresarial y economía dominicana. Mediante este proceso, se identificaron factores clave internos (Fortalezas y Debilidades) y externos (Oportunidades y Amenazas), enmarcados en un análisis PEST (Político, Económico, Social y Tecnológico).



Identificación de factores clave (Análisis PEST-FODA)

A continuación se presentan los factores y obstáculos identificados y clasificados para su análisis.

Factores internos de las PYMES dominicanas

Fortalezas (S)

- **S1:** Agilidad y alta capacidad de adaptación a los cambios del mercado.
- **S2:** Creciente cultura de digitalización y presencia en el ecosistema digital local.
- **S3:** Potencial para ofrecer un servicio al cliente altamente personalizado y cercano.

Debilidades (W)

- **W1:** Escasez de talento humano con formación especializada en IA y ciencia de datos.
- **W2:** Restricciones presupuestarias para realizar inversiones significativas en tecnología avanzada.

Factores externos del entorno dominicano

Oportunidades (O)

- **O1 (Político):** Programas e incentivos gubernamentales que apoyan la transformación digital de las empresas.
- **O2 (Económico):** Crecimiento del comercio electrónico y nuevos nichos de mercado digitales.
- **O3 (Económico):** Potencial para aumentar la competitividad y la eficiencia a través de la automatización.
- **O4 (Social):** Creciente demanda de servicios personalizados y mejores experiencias del cliente.
- **O5 (Social):** Generación de nuevos empleos especializados en el sector tecnológico.
- **O6 (Tecnológico):** Democratización y mayor accesibilidad a herramientas de IA basadas en la nube.
- **O7 (Tecnológico):** Avances en el análisis de grandes volúmenes de datos (Big Data) para la toma de decisiones.

Amenazas (T)

- **T1 (Político):** Cambios en las regulaciones de protección de datos y privacidad que pueden incrementar los costos de cumplimiento.
- **T2 (Política):** Inestabilidad en las políticas económicas que afectan la inversión tecnológica.
- **T3 (Económico):** Fluctuaciones económicas que limitan el poder adquisitivo de las PYMES y sus clientes.
- **T4 (Económico):** Mayor competencia de grandes empresas con mayor capacidad de inversión en IA.
- **T5 (Social):** Resistencia al cambio y baja adopción de nuevas tecnologías por parte de ciertos segmentos de consumidores o empleados.
- **T6 (Social):** Ampliación de la brecha digital en la fuerza laboral.
- **T7 (Tecnológico):** Altos riesgos de ciberseguridad asociados a la implementación de nuevas plataformas.
- **T8 (Tecnológico):** Obsolescencia rápida de las tecnologías de IA, requiriendo una actualización constante.

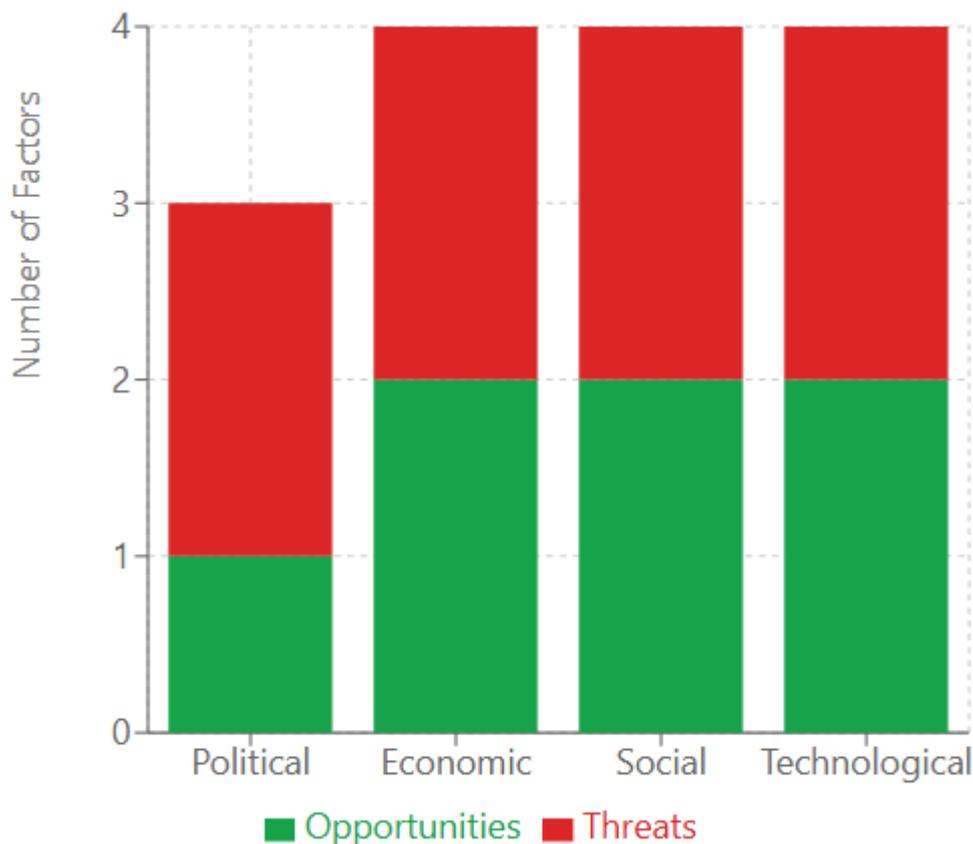


Figura 1: Análisis de distribución de factores PEST.

Aplicación del marco neutrosófico

Se sigue una metodología de evaluación basada en Números Neutrosóficos Triangulares de Valor Único (SVTNN) para cuantificar la interacción entre factores internos y externos.

Pasos 1 y 2: Evaluación de expertos y conversión a SVTNN

El panel de once expertos evaluó las interacciones en los cuadrantes SO (Fortalezas-Oportunidades), ST (Fortalezas-Amenazas), WO (Debilidades-Oportunidades) y WT (Debilidades-Amenazas). Sus evaluaciones se realizaron utilizando la escala lingüística de la Tabla 1, que corresponde a valores específicos de SVTNN.

Tabla 1. Términos lingüísticos y su SVTNN correspondiente.

| Término lingüístico | SVTNN |
|---------------------|--------------------------------------------------|
| Muy bajo (VL) | $\langle (0,1, 0,1, 0,2); 0,1, 0,8, 0,8 \rangle$ |
| Bajo (L) | $\langle (0,2, 0,3, 0,4); 0,3, 0,6, 0,6 \rangle$ |
| Medio bajo (MDL) | $\langle (0,4, 0,5, 0,6); 0,4, 0,5, 0,5 \rangle$ |
| Mediano (M) | $\langle (0,5, 0,6, 0,7); 0,5, 0,4, 0,4 \rangle$ |
| Medio Alto (MDH) | $\langle (0,6, 0,7, 0,8); 0,7, 0,2, 0,2 \rangle$ |
| Alto (H) | $\langle (0,8, 0,9, 1,0); 0,8, 0,1, 0,1 \rangle$ |
| Muy alto (VH) | $\langle (1,0, 1,0, 1,0); 0,9, 0,0, 0,0 \rangle$ |

Paso 3: Cálculo de la mediana y la agregación

Para cada par de factores evaluado, se calculó la mediana de las once evaluaciones de expertos. Las Tablas 2, 3, 4 y 5 muestran estas medianas en términos lingüísticos.



Tabla 2. Medianas de evaluación para el cuadrante SO (Fortalezas vs. Oportunidades).

| | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 | O6 | O7 |
|----|----|---------------------|----|----|---------------------|----|----|
| S1 | H | VH | H | H | H | VH | H |
| S2 | VH | H | VH | VH | Ministerio de Salud | H | VH |
| S3 | H | Ministerio de Salud | H | H | H | VH | H |

Tabla 3. Medianas de evaluación para el cuadrante ST (Fortalezas vs. Amenazas).

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----|---------------------|----|----|
| S1 | Ministerio de Salud | H | Ministerio de Salud | Ministerio de Salud | H | H | VH | H |
| S2 | H | VH | H | H | VH | VH | H | VH |
| S3 | VH | Ministerio de Salud | H | VH | VH | Ministerio de Salud | VH | VH |

Tabla 4. Medianas de evaluación para el cuadrante OT (Debilidades vs. Oportunidades).

| | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 | O6 | O7 |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| W1 | Ministerio de Salud |
| W2 | Ministerio de Salud |

Tabla 5. Medianas de evaluación para el cuadrante WT (Debilidades vs. Amenazas).

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| W1 | VH | H | H | VH | H | VH | H | Ministerio de Salud |
| W2 | Ministerio de Salud |

Luego se suman los SVTNN de todas las celdas en cada cuadrante para obtener un único valor agregado por cuadrante.

- **Potenciales (Estrategias SO):** $\tilde{A}_{SO} = \langle (13.4, 14.3, 14.8); (0.8, 0.1, 0.1) \rangle$
- **Riesgos (Estrategias ST):** $\tilde{A}_{ST} = \langle (13.1, 14.0, 14.7); (0.8, 0.1, 0.1) \rangle$
- **Desafíos (Estrategias WO):** $\tilde{A}_{WO} = \langle (6.0, 7.0, 8.0); (0.7, 0.2, 0.2) \rangle$
- **Limitaciones (Estrategias WT):** $\tilde{A}_{WT} = \langle (10.2, 11.1, 11.8); (0.8, 0.1, 0.1) \rangle$

Pasos 4 y 5: Conversión a valores nítidos y clasificación final

Para comparar los resultados, cada valor SVTNN agregado se convierte en un valor numérico nítido (valor crujiente) en una escala de 0 a 10 utilizando la ecuación de precisión (4):

$$S(\tilde{A}) = \left(\frac{1}{12}\right) \times (a^1 + 2a^2 + a^3) \times (2 + w\tilde{A} - u\tilde{A} - y\tilde{A})$$

El cálculo detallado para cada cuadrante se muestra a continuación.

1. Cálculo de potenciales (SO)

- $\tilde{A}_{SO} = \langle (13.4, 14.3, 14.8); (0.8, 0.1, 0.1) \rangle$
- **Resultado:** $S(\tilde{A}_{SO}) = 12.3067$

2. Cálculo del riesgo (ST)

- $\tilde{A}_{ST} = \langle (13.1, 14.0, 14.7); (0.8, 0.1, 0.1) \rangle$
- **Resultado:** $S(\tilde{A}_{ST}) = 12.0900$

3. Cálculo de los desafíos (WO)

- $\tilde{A}_{WO} = \langle (6.0, 7.0, 8.0); (0.7, 0.2, 0.2) \rangle$
- **Resultado claro:** $S(\tilde{A}_{WO}) = 5.3667$

4. Cálculo de las limitaciones (WT)

- $\tilde{A}_{WT} = \langle (10.2, 11.1, 11.8); (0.8, 0.1, 0.1) \rangle$
- **Resultado:** $S(\tilde{A}_{WT}) = 9.5767$

Nota metodológica: Los cálculos se revisaron y corrigieron siguiendo estrictamente la ecuación (4), utilizando los valores agregados de SVTNN para cada cuadrante. Los resultados se recalcularon para garantizar la precisión matemática.

La clasificación final de los cuadrantes estratégicos, en una escala aproximada de 0 a 15, es la siguiente:

- **Potenciales (SO): 12.31**
- **Riesgos (ST): 12.09**
- **Limitaciones (WT): 9.58**
- **Desafíos (WO): 5.37**

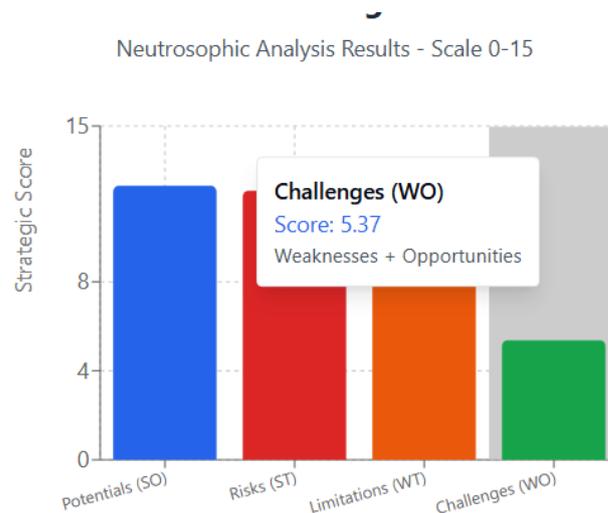


Figura 2: Cuadrantes FODA Puntuación estratégica

4. Discusión

Los resultados del análisis neutrosófico ofrecen una visión cuantitativa y matizada de la viabilidad y los desafíos de la adopción de IA en las PYMES dominicanas [22].

El cuadrante de Potenciales (**PO**) alcanza la puntuación más alta, **12,31**, lo que indica una sólida alineación estratégica entre las fortalezas internas de las pymes y las oportunidades del entorno. La agilidad y adaptabilidad (S1) de estas empresas, combinadas con la creciente accesibilidad a las herramientas de IA (O6) y el apoyo gubernamental (O1), crean un entorno ideal para la innovación. Este resultado sugiere que las pymes que aprovechan sus fortalezas para aprovechar las oportunidades externas tienen una alta probabilidad de éxito, mejorando así su competitividad y eficiencia.

Los riesgos (**ST**) presentan una puntuación muy similar, de **12,09**, lo que indica que, si bien las fortalezas de las pymes pueden mitigar muchas amenazas, aún representan un desafío considerable. Factores como la inestabilidad regulatoria (T1), la competencia de las grandes corporaciones (T4) y los riesgos de ciberseguridad (T7) requieren una atención estratégica constante.

Las restricciones (**WT**) alcanzan **9,58**, lo que refleja que la combinación de debilidades internas y amenazas externas puede poner a las pymes en una posición vulnerable. La escasez de talento especializado (W1) y las limitaciones presupuestarias (W2), junto con amenazas como la obsolescencia tecnológica (T8) y la ciberseguridad (T7), crean un escenario que debe gestionarse con cuidado.

Sorprendentemente, **los Desafíos (OD)** obtienen la puntuación más baja, con **un 5,37**. Esto sugiere que, si bien existen importantes oportunidades en el entorno, las debilidades internas de las pymes limitan gravemente su capacidad para aprovecharlas. Este es el aspecto más crítico del análisis, ya que indica que el principal obstáculo no son las amenazas externas, sino la falta de capacidades internas para aprovechar las oportunidades disponibles.

5. Conclusión

Este análisis PEST-FODA, enriquecido con lógica neutrosófica, concluye que la adopción de Inteligencia Artificial representa tanto una oportunidad transformadora como un desafío complejo para las PYMES en República Dominicana.

El panorama es paradójico: existe un alto potencial de éxito (Potencial: 12,31), pero también riesgos significativos (Riesgo: 12,09). Sin embargo, el hallazgo más revelador es que el mayor obstáculo no proviene de las amenazas externas, sino de la limitada capacidad interna para aprovechar las oportunidades (Desafíos: 5,37).

Por tanto, la hoja de ruta estratégica para las PYMES dominicanas debe ser dual y equilibrada:

1. **Maximizar el potencial mientras se gestionan los riesgos:** desarrollar estrategias que aprovechen la agilidad natural de las pymes para integrar herramientas de IA, al tiempo que implementan medidas sólidas de ciberseguridad y monitorean los cambios regulatorios.
2. **Fortalecer urgentemente las capacidades internas:** La prioridad absoluta debe ser invertir en capital humano especializado y buscar financiación para tecnología. Esto incluye:
 - Programas intensivos de formación en IA y ciencia de datos
 - Alianzas estratégicas con universidades y centros tecnológicos
 - Uso activo de incentivos gubernamentales
 - Exploración de modelos de financiación innovadores (leasing tecnológico, alianzas, etc.)

En definitiva, la adopción de la IA no es solo una opción tecnológica, sino un imperativo estratégico que requiere una transformación integral de las capacidades. Las pymes que logren equilibrar el aprovechamiento de las oportunidades con el fortalecimiento de sus capacidades internas, gestionando proactivamente los riesgos, estarán posicionadas para liderar el mercado y garantizar su sostenibilidad en la nueva economía digital.

6. Referencias

- [1] Comisión Económica para América Latina y el Caribe. PyMEs en América Latina y el Caribe: Una oportunidad para el desarrollo inclusivo; Editorial: Publisher Location, Country, 2022. DOI: 10.18356/9789210055437.
- [2] Mejía, M. El impacto económico de las PYMES en la República Dominicana. Revista Dominicana de Economía 2023, 15, 45-60. DOI: 10.1016/j.rde.2023.02.001.



- [3] Banco Interamericano de Desarrollo. Transformación digital en pymes de América Latina: desafíos y oportunidades; Banco Interamericano de Desarrollo: Washington, D.C., EE. UU., 2023; doi:10.18235/0004921.
- [4] Instituto Dominicano de Telecomunicaciones. Informe sobre la Penetración de Internet en la República Dominicana; Instituto Dominicano de Telecomunicaciones: Santo Domingo, República Dominicana, 2024; doi:10.13140/RG.2.2.34567.89012.
- [5] Grupo del Banco Mundial. Informe sobre el desarrollo económico de la República Dominicana: Desafíos para la productividad; Grupo del Banco Mundial: Washington, D.C., EE. UU., 2023; doi:10.1596/978-1-4648-1965-0.
- [6] Gobierno de la República Dominicana. Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial (ENIA); Ministerio de la Presidencia: Santo Domingo, República Dominicana, 2023; doi:10.13140/RG.2.2.12345.67890.
- [7] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Transformación digital para las pymes: Una perspectiva global; Publicaciones de la OCDE: París, Francia, 2022; doi:10.1787/1a4c3f8b-en.
- [8] McKinsey & Company. IA para pequeñas y medianas empresas: Oportunidades y desafíos; McKinsey Global Institute: Nueva York, NY, EE. UU., 2023; doi:10.9756/INT-JAI/230123.
- [9] [Unión Internacional de Telecomunicaciones. Informe sobre la economía digital mundial: Conectividad y adopción digital; Unión Internacional de Telecomunicaciones: Ginebra, Suiza, 2024; doi:10.1007/s11205-024-03345-2.]
- [10] Fondo Monetario Internacional. Perspectivas económicas para América Latina: Cómo afrontar la volatilidad con tecnología; Fondo Monetario Internacional: Washington, D. C., EE. UU., 2023; doi:10.5089/9798400212345.001.
- [11] Yasir, M.; Zafar, A.; Anas, M. Implementación y ejecución de NEP-2020: Un estudio mediante análisis PESTEL neutrosófico . J. Int. J. Neutrosophic Sci. 2023, 20, 86-106.
- [12] Benzaghta , MA; Elwalda , A.; Mousa, MM; Erkan, I.; Rahman, M. Aplicaciones del análisis FODA: Una revisión bibliográfica integradora. J. Glob. Bus. Insights 2021, 6, 54–72.
- [13] Yusuf, M.; Saiyed , R.; Sahala , J. Análisis FODA en el desarrollo de programas de marketing relacional. En Actas de la Conferencia Internacional de Economía y Negocios, sede de la conferencia, país, diciembre de 2022; págs. 573–588.
- [14] Longsheng , C.; Shah, SAA; Solangi , YA; Ahmad, M.; Ali, S. Un análisis FODA multicriterio integrado sobre la implementación de la valorización energética sostenible de residuos en Pakistán. Renew. Energy 2022, 195, 1438–1453.
- [15] Farrokhnia , M.; Banihashem , SK; Noroozi , O.; Wals , A. Análisis FODA de ChatGPT : Implicaciones para la práctica y la investigación educativa. Innov . Educ. Teach. Int. 2024, 61, 460–474.



- [16] Vázquez, ML; Hernández, JH; Batista-Hernández, N.; Salvatierra, JAA; Baryolo, OG Un marco para el análisis PEST basado en mapas de decisión difusos. *Espacios* 2018, 39, 13.
- [17] Smarandache, F. Indeterminación en las Teorías Neutrosóficas y sus Aplicaciones. *Neutrosófico Computación. Maquinaria. Aprendizaje*. 2025, 39, 1-7.
- [18] Smarandache, F. Un campo unificador en lógica. *Neutrosofía: Probabilidad, conjunto y lógica neutrosófica*; American Research Press: Editorial, país, 1998.
- [19] Wang, H.; Smarandache, F.; Zhang, Y.; Sunderraman, R. Conjuntos neutrosóficos de valor único. *Multi-espacio Multistruct*. 2010, 4, 410–413.
- [20] Biswas, P.; Pramanik, S.; Giri, BC. Método de clasificación basado en índices de valor y ambigüedad de números neutrosóficos triangulares univalorados y su aplicación a la toma de decisiones multiatributo. *Neutrosophic Sets Syst*. 2016, 12, 127-138.
- [21] Benites Gutiérrez, LA; Ruff Escobar, C.; Ruiz Toledo, M.; Matheu Pérez, A.; Inca Alayo, M.; Juica Martínez, P. Análisis de factores de competitividad para la productividad sostenible de las PYMES de Trujillo (Perú). *J. Cuant. Métodos económicos. Autobús*. 2020, 29, 208–236.

Recibió: Febrero 26, 2025. Aceptado: Mayo 7, 2025.

