



Priorización multicriterio de tecnologías emergentes (Blockchain y ERP) en la gestión pública local mediante el NAHP neutrosófico.

Multi-criteria prioritization of emerging technologies (Blockchain and ERP) in local public management using the neutrosophic NAHP.

Autores:

Carlos Santiago Salazar Mora¹, Giovanni Ignacio Freire Palma²

¹Gobierno Autónomo Descentralizado, Durán, Ecuador, cssalazarm@ube.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0005-6818-0399>

²Consejo Cantonal para la Protección de Derechos de Durán, Ecuador, giovanny.freire@ccpd.duran.gob.ec, <https://orcid.org/0009-0005-6818-0399>

Resumen

El presente estudio aborda el desafío persistente de la fragmentación administrativa y la escasa participación ciudadana en los gobiernos autónomos descentralizados locales, particularmente en contextos como el cantón Durán en Ecuador, donde la ausencia de sistemas integrados impide una gestión eficiente, trazable y transparente de los procesos públicos. En un entorno marcado por la acelerada digitalización de la sociedad, esta problemática adquiere especial relevancia, ya que limita la modernización de la gobernanza y erosiona la confianza entre instituciones y ciudadanos, haciendo urgente explorar soluciones tecnológicas que potencien tanto la eficiencia interna como la inclusión activa de la comunidad. Aunque abundan investigaciones sobre transformación digital en la administración pública, la mayoría se centran en enfoques convencionales que no logran capturar adecuadamente la incertidumbre, la indeterminación y las interdependencias complejas inherentes a la priorización de tecnologías emergentes en entornos reales con recursos limitados y dinámicas organizacionales variables. Esta investigación busca llenar esa brecha mediante la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico (NAHP), una extensión avanzada del método AHP tradicional que incorpora conjuntos neutrosóficos para manejar de forma robusta la ambigüedad y la información incompleta en la evaluación multicriterio de tecnologías como blockchain y sistemas ERP. A través de un enfoque estructurado que integra diagnóstico institucional, revisión teórica y modelado neutrosófico, el análisis revela las prioridades relativas de estas herramientas para optimizar flujos administrativos y fortalecer los canales de interacción con la ciudadanía. De este modo, el trabajo no solo enriquece el marco conceptual de la gobernanza digital al introducir una metodología capaz de lidiar con la complejidad real de las decisiones públicas, sino que también ofrece orientaciones prácticas adaptables para gobiernos locales que deseen implementar estrategias de innovación tecnológica de manera sostenible, inclusiva y alineada con las particularidades territoriales.

Palabras clave: Gobernanza Digital, Priorización Multicriterio, NAHP Neutrosófico, Blockchain, ERP, Administración Pública Local, Transformación Digital.

Abstract

This study addresses the persistent challenge of administrative fragmentation and limited citizen participation in local decentralized autonomous governments, particularly in contexts such as the Durán canton in Ecuador, where the absence of integrated systems hinders efficient, traceable, and transparent management of public processes. In an environment marked by the accelerated digitalization of society, this problem takes on special relevance, as it limits the modernization of governance and erodes trust between institutions and citizens, making it urgent to explore technological solutions that enhance both internal efficiency and the active inclusion of the community. Although research on digital transformation in public administration is abundant, most focuses on conventional approaches that fail to adequately capture the uncertainty, indeterminacy, and complex interdependencies inherent in prioritizing emerging technologies in real-world environments with limited resources.

and variable organizational dynamics. This research seeks to bridge this gap by applying the Neutrosophic Analytic Hierarchy Process (NAHP), an advanced extension of the traditional AHP method that incorporates neutrosophic sets to robustly handle ambiguity and incomplete information in the multi-criteria evaluation of technologies such as blockchain and ERP systems. Through a structured approach that integrates institutional diagnosis, theoretical review, and neutrosophic modeling, the analysis reveals the relative priorities of these tools for optimizing administrative flows and strengthening channels of interaction with citizens. Thus, the work not only enriches the conceptual framework of digital governance by introducing a methodology capable of addressing the real complexity of public decisions, but also offers adaptable practical guidance for local governments that wish to implement technological innovation strategies in a sustainable, inclusive manner, aligned with their specific territorial characteristics.

Keywords: Digital Governance, Multi-criteria Prioritization, Neutrosophic NAHP, Blockchain, ERP, Local Public Administration, Digital Transformation.

1. Introducción

El avance acelerado de las tecnologías digitales emergentes ha situado su integración estratégica como un pilar fundamental para modernizar la administración pública local, en especial mediante la priorización de herramientas como blockchain y los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP), con el fin de mejorar la eficiencia de la gobernanza y el compromiso ciudadano [1], [2]. En contextos contemporáneos caracterizados por dinámicas urbanas complejas y limitaciones de recursos, este enfoque ofrece un potencial considerable para resolver ineficiencias históricas en las operaciones municipales, al tiempo que promueve una mayor transparencia e inclusión social. Diversos aportes académicos recientes resaltan esta importancia, al evidenciar cómo tales tecnologías pueden transformar las prácticas administrativas en entornos descentralizados [3], [4].

A lo largo de las últimas décadas, la digitalización del sector público ha transitado desde la simple automatización de tareas rutinarias hacia marcos más sofisticados orientados a una gobernanza colaborativa e inteligente. Las iniciativas iniciales se centraron principalmente en plataformas de gobierno electrónico para la prestación de servicios; sin embargo, con frecuencia tropezaron con restricciones en materia de interoperabilidad y seguridad de los datos. El surgimiento de tecnologías de registro distribuido y sistemas de gestión integrados durante la década de 2010 abrió nuevas oportunidades para la trazabilidad y la optimización de procesos, lo que aceleró su adopción en distintas jurisdicciones a nivel mundial [5]. Aun así, muchos gobiernos locales siguen enfrentando sistemas fragmentados que obstaculizan la coordinación fluida y la participación ciudadana, una dificultad que se intensifica en regiones con infraestructuras tecnológicas desiguales [6].

Aunque la literatura sobre gobernanza electrónica ha registrado avances notables, persisten brechas considerables en cuanto a la evaluación sistemática y la jerarquización de estas herramientas emergentes bajo condiciones de incertidumbre inherente y disponibilidad limitada de información. Los métodos convencionales de toma de decisiones multicriterio suelen resultar insuficientes cuando se aplican a escenarios reales de la administración pública, marcados por preferencias ambiguas de los actores involucrados y entornos organizacionales dinámicos. De ahí surge la necesidad de metodologías avanzadas que gestionen la indeterminación y entreguen resultados de priorización sólidos, adaptados a las particularidades territoriales.

Esta investigación se centra en la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico Neutrosófico (NAHP) como un marco multicriterio refinado para priorizar las tecnologías blockchain y ERP en la gestión pública local. Al incorporar conjuntos neutrosóficos, el método considera de manera efectiva los grados de verdad, indeterminación y falsedad en los juicios de los expertos, lo que proporciona una valoración más matizada que los enfoques tradicionales. Esta perspectiva resulta especialmente valiosa en contextos municipales donde los responsables de las decisiones deben equilibrar la viabilidad técnica, la preparación institucional y el impacto social ante restricciones presupuestarias.

El problema central que guía este estudio radica en la fragmentación administrativa persistente y la participación ciudadana limitada que se observa en numerosos gobiernos autónomos descentralizados. Dichos desafíos provienen de una integración tecnológica inadecuada, lo cual genera duplicación de esfuerzos, menor trazabilidad y una reducción de la confianza pública. ¿De qué manera pueden las autoridades locales priorizar de forma óptima la adopción de blockchain para fortalecer la seguridad e inmutabilidad, junto con los sistemas ERP para agilizar las operaciones, especialmente cuando enfrentan incertidumbres multifactoriales en su implementación? Esta interrogante aún no ha sido abordada de manera suficiente en estudios que se centran más en transformaciones a gran escala que en estrategias localizadas y sensibles al contexto.

Históricamente, el giro hacia la gobernanza digital cobró impulso con los impulsos globales a favor de gobiernos abiertos e iniciativas de ciudades inteligentes; no obstante, las entidades locales han quedado rezagadas con frecuencia debido a barre-



ras infraestructurales y culturales. En escenarios latinoamericanos, por ejemplo, los esfuerzos de modernización han puesto de relieve el potencial de estas herramientas para cerrar brechas en la prestación de servicios, aunque los marcos de priorización sistemática continúan siendo escasos [7], [8]. La interacción entre la innovación tecnológica y la creación de valor público exige, por tanto, un análisis cuidadoso que garantice resultados sostenibles.

Además, la incorporación de blockchain promete registros inmutables que refuerzan la rendición de cuentas en las transacciones públicas, mientras que las soluciones ERP facilitan flujos de datos unificados entre departamentos, reduciendo los costos operativos. Sin embargo, sin un mecanismo estructurado de priorización que acepte la incertidumbre, las inversiones corren el riesgo de desalinearse con las necesidades institucionales reales y las expectativas de la ciudadanía. Esto resalta la oportunidad de explorar modelos de decisión mejorados con enfoques neutrosóficos en este ámbito.

Sobre estas bases, el presente trabajo busca contribuir mediante el desarrollo y la aplicación de un modelo basado en NAHP que jerarquice de forma sistemática la importancia relativa de las tecnologías blockchain y ERP para optimizar los procesos administrativos y fortalecer la participación ciudadana en la gobernanza local. Desde esta óptica, la investigación no solo avanza en las fronteras metodológicas de las ciencias de la decisión, sino que también genera orientaciones prácticas para quienes implementan procesos de transformación digital.

En definitiva, los objetivos de este artículo son dos: en primer lugar, proponer y validar un enfoque multicriterio neutrosófico para priorizar tecnologías emergentes en la administración municipal; y, en segundo lugar, derivar recomendaciones prácticas que respalden estrategias de gobernanza digital inclusivas y eficientes, adaptadas a las realidades locales. Estos propósitos se alinean directamente con la brecha identificada y aspiran a enriquecer tanto el debate teórico como la implementación de políticas en el campo de la administración pública.

2. Materiales y métodos

2.1. Tecnologías Emergentes (Blockchain Y ERP)

La irrupción de las tecnologías emergentes ha redefinido los contornos de la gestión pública contemporánea, donde herramientas como blockchain y los sistemas ERP se erigen como catalizadores esenciales para superar inercias burocráticas arraigadas [9]. Estas soluciones no solo prometen agilizar flujos operativos, sino que también fomentan una gobernanza más transparente y adaptable a las demandas ciudadanas actuales. En un panorama marcado por la complejidad urbana y las restricciones presupuestarias, su adopción estratégica representa una oportunidad única para alinear la administración local con los imperativos de la era digital. Sin embargo, su verdadero valor radica en la capacidad de generar confianza institucional a través de mecanismos innovadores que trascienden las prácticas convencionales. De este modo, el análisis de su potencial revela un horizonte prometedor, aunque condicionado por la necesidad de una implementación reflexiva y contextualizada.

Por otro lado, blockchain se destaca por su arquitectura descentralizada, que garantiza la inmutabilidad de los registros y la verificación sin intermediarios, aspectos cruciales para combatir la opacidad en los procesos administrativos [10]. Esta característica permite trazar cada transacción con precisión milimétrica, reduciendo riesgos de manipulación y elevando los estándares de accountability. Además, su integración con entornos públicos facilita la creación de registros compartidos que empoderan a los ciudadanos en la supervisión de recursos. No obstante, su escalabilidad depende de superar barreras técnicas inherentes a entornos con infraestructuras heterogéneas. En consecuencia, su valoración positiva se sustenta en la evidencia de que transforma la relación entre Estado y sociedad al priorizar la integridad sobre la mera automatización.

En paralelo, los sistemas ERP consolidan la integración de datos dispersos en una plataforma unificada, optimizando la planificación de recursos y minimizando redundancias operativas que lastran la eficiencia municipal [11]. Estas plataformas permiten una visión holística de los procesos, desde la gestión financiera hasta la atención al usuario, lo que deriva en una notable reducción de tiempos de respuesta. Asimismo, fomentan la estandarización de protocolos internos, un factor clave para instituciones con estructuras verticales y fragmentadas. No obstante, su éxito exige una alineación cuidadosa con las realidades organizacionales existentes. De esta forma, su contribución se aprecia como un pilar fundamental para modernizar la maquinaria administrativa sin sacrificar la coherencia interna.

La sinergia entre blockchain y ERP emerge como uno de los avances más prometedores, al combinar la trazabilidad inalterable de la primera con la integración fluida de la segunda, generando ecosistemas administrativos robustos y resilientes [12]. Esta fusión no solo optimiza flujos de trabajo, sino que también habilita la automatización inteligente mediante contratos inteligentes vinculados a bases de datos centralizadas. Por consiguiente, se abre un abanico de posibilidades para la gobernanza digital inclusiva, donde la información fluye con seguridad y accesibilidad. Aun así, esta convergencia demanda inversiones estratégicas que equilibren innovación y sostenibilidad. Así, su valoración conjunta subraya un potencial multiplicador que trasciende aplicaciones aisladas.



En términos de eficiencia operativa, estas tecnologías emergentes demuestran un impacto tangible al acortar plazos de tramitación y eliminar duplicidades que históricamente han erosionado la productividad pública. Su implementación permite una asignación más precisa de recursos, liberando capacidades humanas para tareas de mayor valor estratégico. Además, contribuyen a una disminución significativa de costos asociados a la gestión documental tradicional. Sin embargo, los beneficios solo se materializan cuando se acompaña de una capacitación adecuada para el personal involucrado. De este modo, su análisis revela que no se trata de una mera actualización tecnológica, sino de una reconfiguración profunda de los modelos de servicio.

Asimismo, en el ámbito de la participación ciudadana, blockchain y ERP fortalecen canales de interacción directa, permitiendo consultas en tiempo real y seguimiento personalizado de gestiones administrativas. Esta dinámica eleva la percepción de legitimidad institucional al hacer visibles los procesos que antes permanecían opacos. En consecuencia, se genera un círculo virtuoso de confianza que incentiva una mayor involucración comunitaria en la toma de decisiones. No obstante, su efectividad depende de estrategias de inclusión digital que mitiguen brechas socioeconómicas. Por tanto, su valoración se enriquece al considerar el impacto social más allá de lo meramente técnico.

No obstante, los desafíos asociados a su despliegue merecen una atención equilibrada, pues incluyen resistencias culturales, costos iniciales elevados y riesgos de ciberseguridad que podrían comprometer la continuidad de los servicios públicos. Estas limitaciones exigen un enfoque pragmático que priorice la evaluación de madurez institucional antes de cualquier adopción masiva. Además, la interoperabilidad con sistemas legacy representa un obstáculo recurrente que requiere soluciones híbridas ingeniosas. De ahí que una valoración crítica reconozca tanto fortalezas como vulnerabilidades inherentes. En última instancia, solo mediante una gestión proactiva de estos riesgos se maximiza el retorno de la inversión.

De igual manera, la aplicación de marcos multicriterio neutrosóficos para priorizar su adopción ofrece una herramienta analítica superior, al incorporar la incertidumbre y la indeterminación en las decisiones públicas. Este enfoque permite ponderar variables como viabilidad técnica, impacto social y sostenibilidad económica con mayor precisión que métodos tradicionales. Por consiguiente, facilita la alineación entre objetivos institucionales y realidades territoriales específicas. Aun cuando exige expertise especializado, sus resultados justifican el esfuerzo al minimizar errores estratégicos. Así, la argumentación a favor de estas tecnologías se consolida al demostrar su adaptabilidad a contextos complejos.

En comparación con enfoques convencionales, blockchain y ERP exhiben ventajas decisivas en materia de escalabilidad y resiliencia, superando las limitaciones de plataformas obsoletas que perpetúan silos informativos. Su capacidad para procesar volúmenes crecientes de datos con integridad intacta las posiciona como referentes en la transformación digital. Sin embargo, esta superioridad solo se traduce en valor real cuando se contextualiza dentro de políticas públicas coherentes. De este modo, su análisis comparativo resalta la urgencia de transitar hacia modelos híbridos que preserven lo mejor de lo tradicional. Finalmente, esta perspectiva refuerza su rol como motores de cambio estructural.

En síntesis, la valoración global de estas tecnologías emergentes confirma su estatus como activos estratégicos indispensables para una administración pública moderna, eficiente y centrada en el ciudadano. Su integración deliberada no solo resuelve ineficiencias crónicas, sino que también pavimenta el camino hacia una gobernanza más democrática y sostenible. Por ende, las instituciones locales que las prioricen con visión prospectiva obtendrán ventajas competitivas duraderas en un mundo cada vez más interconectado. No obstante, el éxito final dependerá de un compromiso colectivo que trascienda la mera adquisición tecnológica. En definitiva, blockchain y ERP encarnan el futuro de la gestión pública, siempre que su implementación se guíe por principios de equidad, innovación responsable y evaluación continua.

2.2. La Gestión Pública Local

La gestión pública local constituye el núcleo operativo de la democracia participativa, donde las decisiones cotidianas inciden directamente en la calidad de vida de las comunidades y en la legitimidad de las instituciones. En un escenario global cada vez más interconectado, esta esfera administrativa debe equilibrar eficiencia operativa con sensibilidad territorial, enfrentando demandas crecientes de transparencia y agilidad. Su relevancia radica en la capacidad de traducir políticas nacionales en acciones concretas adaptadas a realidades locales, fomentando cohesión social y desarrollo sostenible. Sin embargo, persisten ineficiencias estructurales que limitan su potencial transformador. De esta manera, valorar su evolución permite comprender cómo las administraciones municipales pueden convertirse en motores de innovación inclusiva [13]. Además, el análisis revela que una gestión local robusta no solo resuelve problemas inmediatos, sino que construye resiliencia ante desafíos futuros. Por consiguiente, su fortalecimiento emerge como prioridad estratégica en la agenda pública contemporánea.

Por otra parte, los antecedentes históricos de la gestión pública local muestran un tránsito desde modelos centralistas hacia enfoques descentralizados que privilegian la autonomía territorial. En décadas recientes, esta evolución ha sido impulsada por reformas institucionales que buscan mayor proximidad con la ciudadanía. No obstante, en muchos contextos, las estructuras heredadas generan fragmentación y duplicidad de esfuerzos. Tal dinámica obstaculiza la coordinación interna y reduce la efectividad de los servicios. Aun así, las experiencias exitosas demuestran que una gestión local bien articulada potencia la



participación comunitaria y optimiza el uso de recursos escasos [14]. En este sentido, el valor de estos procesos radica en su capacidad para generar confianza y empoderamiento ciudadano. De igual forma, el examen crítico de sus limitaciones actuales orienta hacia soluciones más adaptativas y prospectivas.

Además, el problema central en la gestión pública local radica en la brecha entre expectativas ciudadanas y capacidades institucionales reales. Esta discrepancia se agrava por la falta de integración tecnológica y la rigidez burocrática heredada. ¿Cómo pueden las entidades locales responder con eficacia a necesidades complejas sin comprometer su esencia democrática? La interrogante subraya la urgencia de modernizar procesos sin perder el enfoque humano. Por tanto, una valoración equilibrada reconoce tanto fortalezas intrínsecas como debilidades sistémicas que requieren intervención decidida. De este modo, el análisis profundo contribuye a redefinir roles y responsabilidades en un entorno volátil.

Asimismo, los objetivos de cualquier estudio sobre gestión pública local deben orientarse a identificar mecanismos que eleven su eficiencia y su cercanía con la población. En primer lugar, se trata de diagnosticar obstáculos operativos y culturales que impiden avances sostenidos. En segundo lugar, resulta esencial proponer marcos de acción que integren innovación con principios de equidad. Tales metas se alinean con la necesidad de fortalecer la gobernanza territorial en contextos de diversidad. De esta forma, la investigación aporta herramientas prácticas para que las administraciones locales cumplan su rol como intermediarios entre Estado y sociedad. Finalmente, estas aspiraciones impulsan una transformación que trascienda lo meramente administrativo.

En términos de eficiencia, la gestión pública local exhibe un potencial notable cuando adopta enfoques integrados que reducen tiempos de respuesta y minimizan costos operativos. Su capacidad para canalizar recursos hacia prioridades comunitarias la convierte en un actor clave del desarrollo. Sin embargo, la ausencia de sistemas unificados genera duplicidades que erosionan productividad. Por consiguiente, valorar positivamente su rol exige reconocer que la modernización no es opcional, sino imperativa. Además, esta perspectiva resalta cómo una administración local ágil multiplica el impacto de las políticas públicas. De igual manera, el análisis comparativo con modelos internacionales refuerza la idea de que la proximidad territorial constituye su mayor ventaja competitiva.

De igual forma, en el ámbito de la participación ciudadana, la gestión pública local actúa como puente esencial entre instituciones y sociedad civil. Al facilitar canales de diálogo directo, fortalece la legitimidad democrática y reduce la distancia percibida entre gobernantes y gobernados. Esta interacción genera un círculo virtuoso de confianza y corresponsabilidad. No obstante, persisten barreras culturales y digitales que limitan su alcance real. Por tanto, una valoración exhaustiva debe considerar estrategias de inclusión que amplíen el involucramiento comunitario. Así, su contribución social trasciende lo técnico y se ancla en valores democráticos profundos [15].

No obstante, los desafíos estructurales de la gestión pública local demandan una atención equilibrada, pues abarcan desde limitaciones presupuestarias hasta resistencias al cambio organizacional. Estas dificultades pueden comprometer la continuidad de servicios esenciales si no se abordan con visión estratégica. Además, la interoperabilidad con instancias superiores representa un obstáculo recurrente que exige soluciones colaborativas. De ahí que una argumentación crítica reconozca tanto oportunidades como riesgos inherentes. En última instancia, solo mediante una gestión proactiva de estos obstáculos se maximiza el valor público generado. Por consiguiente, el análisis ponderado orienta hacia reformas realistas y sostenibles.

De esta manera, la aplicación de herramientas analíticas avanzadas en la gestión pública local ofrece una vía prometedora para priorizar intervenciones con base en evidencia. Tales enfoques permiten ponderar variables complejas como viabilidad técnica y impacto social con mayor precisión. Por ende, facilitan decisiones alineadas con las particularidades de cada territorio. Aun cuando requieren capacidad técnica, sus resultados justifican la inversión al minimizar errores estratégicos. Así, la argumentación a favor de su adopción se consolida al demostrar adaptabilidad a contextos diversos y dinámicos [16].

En comparación con modelos centralizados, la gestión pública local presenta ventajas decisivas en materia de flexibilidad y respuesta rápida ante necesidades específicas. Su escala reducida facilita la experimentación y la corrección oportuna de políticas. Sin embargo, esta superioridad solo se materializa cuando se soporta en marcos normativos coherentes y recursos adecuados. De este modo, el examen comparativo subraya la urgencia de fortalecer su autonomía sin aislarla del conjunto estatal. Finalmente, esta perspectiva refuerza su papel como laboratorio de innovación democrática.

En síntesis, la valoración global de la gestión pública local confirma su estatus como pilar indispensable de la gobernanza moderna, eficiente y centrada en el ciudadano. Su integración deliberada no solo resuelve ineficiencias crónicas, sino que pavimenta el camino hacia una democracia más inclusiva y resiliente. Por ende, las entidades territoriales que la potencien con visión prospectiva obtendrán ventajas duraderas en un mundo interdependiente. No obstante, el éxito dependerá de un compromiso colectivo que combine innovación responsable con evaluación continua. En definitiva, la gestión pública local encarna el futuro de la administración pública siempre que se guíe por principios de equidad, transparencia y adaptación constante.

2.3. Conjunto Neutrosófico.

La idea de los conjuntos neutrosóficos aporta una perspectiva innovadora a la teoría de conjuntos, rompiendo con la clásica dualidad verdadero/falso al incorporar un tercer estado: lo indeterminado. Desarrollada por Florentin Smarandache, esta teoría postula que un conjunto puede incluir elementos verdaderos, falsos o, fundamentalmente, indeterminados, donde su veracidad no puede definirse con precisión. Esta estructura tricotómica refleja la ambigüedad y la subjetividad presentes en muchos fenómenos de la vida real, donde los límites entre lo verdadero y lo falso son imprecisos. Desde una perspectiva matemática y filosófica, los conjuntos neutrosóficos proporcionan un marco eficaz para representar la incertidumbre. A diferencia de los conjuntos difusos (que funcionan con grados de pertenencia) o los conjuntos intercalares (basados en intervalos), los conjuntos neutrosóficos abordan la ambigüedad intrínseca en los juicios y decisiones humanas. Esta formalización no solo amplía el marco teórico, sino que también tiene aplicaciones relevantes en campos como la inteligencia artificial, donde la lógica imprecisa optimiza el procesamiento de datos incompletos o contradictorios.

Una característica esencial de los conjuntos neutrosóficos es su capacidad para reflejar la realidad con mayor precisión. En contextos donde la verdad absoluta es inalcanzable, como en diagnósticos médicos sujetos a interpretación o información fragmentaria, este modelo tricotómico proporciona un marco que absorbe mejor la complejidad del mundo real. Más allá de su utilidad matemática, plantea profundas preguntas filosóficas: ¿cómo definir la verdad cuando la certeza es inaccesible? ¿Cómo gestionar la ambigüedad en el razonamiento? Estas preguntas nos invitan a repensar los límites del conocimiento humano y las herramientas necesarias para abordar un mundo cada vez más complejo. Las críticas a los conjuntos neutrosóficos señalan que la indeterminación de estos conjuntos podría añadir complejidad innecesaria a la teoría de conjuntos. Sin embargo, esta objeción ignora su capacidad para modelar fenómenos inherentemente inciertos. En lugar de simplificar, la teoría ofrece una herramienta robusta para analizar la realidad en su complejidad. En aplicaciones prácticas, como la IA, su potencial es transformador: al representar la incertidumbre en los datos y las decisiones automatizadas, podrían impulsar algoritmos más adaptativos y robustos.

En resumen, los conjuntos neutrosóficos representan un avance crucial en la teoría de conjuntos, superando las restricciones de la lógica binaria. Esta perspectiva no solo enriquece las matemáticas y la filosofía, sino que también profundiza en el estudio de la ambigüedad para mejorar la toma de decisiones y la representación del conocimiento. Su integración multidisciplinaria podría conducir a enfoques más flexibles, capaces de reflejar la complejidad del mundo real y nuestras limitaciones para comprenderlo.

Definición 1 ([17-19]) : El conjunto neutrosófico N 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 $\forall x \in U$, $T_A(x), I_A(x), F_A(x) \subseteq]_A 0, 1^+[$, y ${}_A 0 \leq \inf T_A(x) + \inf I_A(x) + \inf F_A(x) \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + \sup F_A(x) \leq 3^+$.

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

Definición 2 ([17-19]) : El conjunto neutrosófico de valor único (SVN S) A es 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 $I_A: U \rightarrow [0, 1]$, $F_A: U \rightarrow [0, 1]$. $0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$

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

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

Definición 3 ([17-19]) : 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 conjunto 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 ([17-19]) : 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:

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

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 conorma.

La técnica AHP comienza con la designación de una estructura jerárquica, donde los elementos en la cima del árbol son más genéricos que los de los niveles inferiores. La hoja principal es única y denota el objetivo a alcanzar en la toma de decisiones.

El nivel inmediatamente inferior contiene las hojas que representan los criterios. Las hojas correspondientes a los subcriterios aparecen inmediatamente debajo de este nivel, y así sucesivamente. El nivel inferior representa las alternativas. Véase la Figura 1.

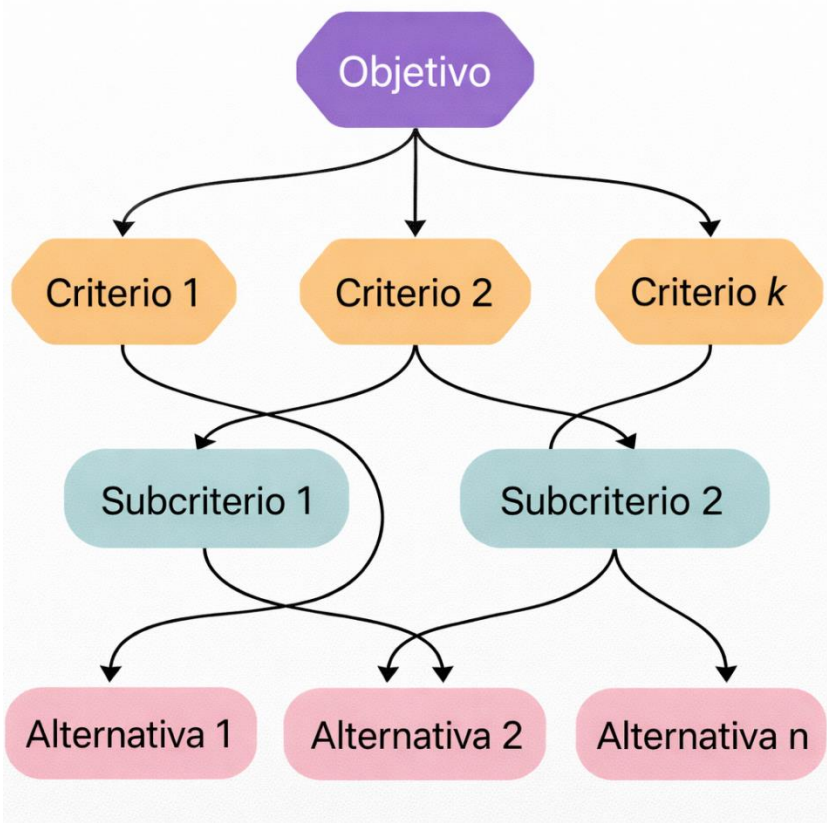


Figura 1 : Diagrama de árbol genérico que representa un proceso analítico jerárquico. Fuente: [20].

Se forma entonces una matriz cuadrada que representa la opinión del experto o expertos y contiene la comparación por pares de las valoraciones de los criterios, subcriterios y alternativas.

TL Saaty, el fundador del método original, propuso una escala lingüística que aparece en la Tabla 1.

Tabla 1: Intensidad de importancia según el AHP clásico. Fuente [20-23].

Intensidad de importancia en escala absoluta	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen por igual al objetivo.
3	Importancia moderada de uno sobre el otro	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra.
5	Importancia esencial o fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre otra.
7	importancia muy fuerte	La actividad es fuertemente favorecida y su dominio se demuestra en la práctica.
9	Muy importante	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es del más alto orden de afirmación posible.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre las dos sentencias adyacentes.	Cuando sea necesario comprensión
Recíprocos	Si la actividad i tiene uno de los números anteriores asignados en comparación con la actividad j , entonces j tiene el valor recíproco en comparación con i .	

Por otro lado, Saaty estableció que el *Índice de Consistencia* (IC) debería depender de $\lambda_{\max}$, el valor propio máximo de la matriz. Definió la ecuación $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$, donde n es el orden de la matriz. También definió el *Índice de Consistencia* (IC) con la ecuación $IC = IC/RI$, donde RI se muestra en la Tabla 2 .

Tabla 2: RI asociado a cada orden.

Orden (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rhode Island	0	0	0,52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Si $CR \leq 10\%$ podemos considerar que la valoración de los expertos es suficientemente consistente y por tanto podemos proceder a utilizar AHP.

El objetivo del AHP es jerarquizar los criterios, subcriterios y alternativas según una puntuación. También puede utilizarse en problemas de toma de decisiones grupales. Para ello, se deben considerar las ecuaciones 4 y 5, donde se evalúa la ponderación del experto en función de su autoridad, conocimientos, experiencia, etc.

$$\bar{x} = \left(\prod_{i=1}^n x_i^{w_i} \right)^{1/\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4)$$

Si $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, es decir, cuando los pesos de los expertos suman uno, la ecuación 4 se convierte en la ecuación 5,

$$\bar{x} = \prod_{i=1}^n x_i^{w_i} \quad (5)$$

La hibridación de AHP con la teoría de conjuntos neutrosóficos se utilizó en [20] Este es un enfoque más flexible para modelar la incertidumbre en la toma de decisiones . La indeterminación es un componente esencial que debe asumirse en las decisiones organizacionales del mundo real.

La Tabla 3 contiene la adaptación de la escala de Saaty al campo neutrosófico.

Tabla 3 : La escala de Saaty se tradujo en una escala triangular neutrosófica. Fuente [20].

escala saty	Definición	Escala triangular neutrosófica
1	Igualmente influyente	$\tilde{1} = \langle (1, 1, 1); 0.50, 0.50, 0.50 \rangle$
3	Ligeramente influyente	$\tilde{3} = \langle (2, 3, 4); 0.30, 0.75, 0.70 \rangle$
5	Fuertemente influyente	$\tilde{5} = \langle (4, 5, 6); 0.80, 0.15, 0.20 \rangle$
7	Muy influyente	$\tilde{7} = \langle (6, 7, 8); 0.90, 0.10, 0.10 \rangle$
9	Absolutamente influyente	$\tilde{9} = \langle (9, 9, 9); 1.00, 1.00, 1.00 \rangle$
2, 4, 6, 8	Valores esporádicos entre dos escalas cercanas	$\tilde{2} = \langle (1, 2, 3); 0.40, 0.65, 0.60 \rangle$ $\tilde{4} = \langle (3, 4, 5); 0.60, 0.35, 0.40 \rangle$ $\tilde{6} = \langle (5, 6, 7); 0.70, 0.25, 0.30 \rangle$ $\tilde{8} = \langle (7, 8, 9); 0.85, 0.10, 0.15 \rangle$

La matriz de comparación neutrosófica por pares se define en la ecuación 6 .

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{1} & \tilde{a}_{12} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \cdots & \tilde{1} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$\tilde{A}$ satisface la condición $\tilde{a}_{ji} = \tilde{a}_{ij}^{-1}$, de acuerdo con el operador de inversión definido en la Definición 4 .

En Abdel-Basset et al. [24] se definen dos índices para convertir un número triangular neutrosófico en un número agudo. Véase la Ecuación 7 para la *puntuación* y la Ecuación 8 para la *precisión* .



$$S(\tilde{a}) = \frac{1}{8} [a_1 + a_2 + a_3](2 + \alpha_{\tilde{a}} - \beta_{\tilde{a}} - \gamma_{\tilde{a}})(7)$$

$$A(\tilde{a}) = \frac{1}{8} [a_1 + a_2 + a_3](2 + \alpha_{\tilde{a}} - \beta_{\tilde{a}} + \gamma_{\tilde{a}})(8)$$

El algoritmo a aplicar al NAHP es el siguiente:

Dados los criterios, subcriterios y alternativas, el NAHP consta de los siguientes pasos:

1. Diseñe un árbol AHP. Este árbol contiene los criterios, subcriterios y alternativas seleccionados .
2. Crear las matrices de niveles a partir del árbol AHP, según criterio de experto expresado en escalas triangulares neutrosóficas y respetando el esquema matricial de la Ecuación 6.
3. Para evaluar la consistencia de estas matrices , convierta los elementos de $\tilde{A}$ en una matriz nítida aplicando la ecuación 7 u 8 y luego probando la consistencia de esta nueva matriz nítida .
4. Siga los demás pasos de un AHP clásico.
5. La ecuación 7 u 8 se aplica para convertir $w_1, w_2, \dots, w_n$ en pesos nítidos.
6. Si más de un experto realiza la evaluación, entonces $w_1, w_2, \dots, w_n$ se reemplazan por $\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_n$, que son sus valores medios geométricos ponderados correspondientes, consulte las ecuaciones 4 y 5 .

3. Diseño del Estudio de Caso

3.1. Contexto Institucional

El GAD Municipal de Durán, con una población proyectada de más de 340,000 habitantes y una dinámica de crecimiento urbano acelerado, presenta una estructura administrativa fragmentada que dificulta la prestación eficiente de servicios públicos. Los sistemas de información vigentes operan en silos tecnológicos sin interoperabilidad, generando duplicación de esfuerzos, demoras en la atención ciudadana y opacidad en la gestión presupuestaria. La Dirección de Tecnologías de la Información municipal identificó en 2024 la necesidad urgente de evaluar dos rutas de modernización tecnológica: la implementación de una plataforma ERP integrada o el desarrollo de módulos sobre arquitectura blockchain para registros críticos y canales de participación ciudadana.

3.2. Panel de Expertos

Se consultó a un panel de cuatro expertos, seleccionados por su perfil complementario de conocimiento técnico e institucional. A cada experto se le asignó igual ponderación ($\lambda_k = 0.25$).

Tabla 2. Perfil del panel de expertos consultado

Experto	Perfil / Cargo	Área de especialización
E1	Director de Tecnologías de la Información, GAD Durán	Gobierno digital, sistemas de información municipal
E2	Consultor senior en Blockchain para sector público	Arquitectura blockchain, smart contracts, trazabilidad
E3	Funcionaria de Planificación Estratégica, GAD Durán	Planificación territorial, gestión por procesos, BPM
E4	Asesor jurídico en normativa digital y gobernanza	Marco legal TIC, Ley Orgánica de Datos Personales, interoperabilidad estatal

3.3. Criterios de Evaluación Tecnológico-Institucional

A partir de la literatura sobre adopción tecnológica en gobiernos locales y el diagnóstico institucional del GAD Durán, se identificaron siete criterios de evaluación (TC1–TC7). Su selección buscó cubrir dimensiones técnicas, institucionales, normativas y sociales que determinan el éxito de la adopción de Blockchain o ERP en el contexto municipal ecuatoriano.



Tabla 3. Criterios de evaluación para la priorización de tecnologías emergentes

Código	Denominación	Descripción y justificación
TC1	Transparencia y trazabilidad	Capacidad de la tecnología para garantizar registros inmutables, auditables y públicamente verificables de transacciones y decisiones administrativas. Crítico para la confianza ciudadana en Durán.
TC2	Seguridad y protección de datos	Nivel de protección criptográfica, control de acceso y cumplimiento con la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPD) del Ecuador frente a brechas y vulnerabilidades.
TC3	Costo total de implementación	Estimación del desembolso financiero total: licencias, infraestructura, consultoría, capacitación y mantenimiento, en relación con el presupuesto disponible del GAD.
TC4	Interoperabilidad con sistemas existentes	Capacidad de integración con plataformas nacionales (SRI, SERCOP, BCE) y sistemas internos actuales del municipio sin requerir reemplazos completos.
TC5	Escalabilidad y sostenibilidad tecnológica	Aptitud de la solución para crecer conforme a las demandas del municipio a 5-10 años, adaptándose a nuevos módulos y cambios regulatorios sin obsolescencia temprana.
TC6	Participación y confianza ciudadana	Grado en que la tecnología potencia canales de veeduría, consulta pública, rendición de cuentas y co-gestión con la ciudadanía, fortaleciendo la democracia participativa local.
TC7	Alineación con normativa y política pública	Concordancia con el Plan Nacional de Gobierno Electrónico, la Agenda Digital 2030, los COOTAD y demás marcos normativos que rigen la gestión de los GAD municipales.



4. Aplicación del NAHP: Desarrollo Paso a Paso**Pasos 1 y 2: Jerarquía AHP y Matrices de Comparación Neutrosófica**

La jerarquía NAHP ubica en su cima el objetivo decisional —Priorizar criterios para la adopción de tecnologías emergentes en el GAD Durán— y en la base los siete criterios TC1–TC7. Cada uno de los cuatro expertos construyó una matriz de comparación pareada 7×7 utilizando los SVTNN de la Tabla 1. La condición de reciprocidad neutrosófica se satisface mediante el operador de inversión: $\tilde{a}^{-1} = \langle (a_3^{-1}, a_2^{-1}, a_1^{-1}); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$.

Tabla 4. Matriz de comparación neutrosófica – Experto 1 (Director TI GAD)

	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7
TC 1	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(4,5,6; 0.80,0.15,0.20)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(3,4,5; 0.60,0.35,0.40)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)
TC 2	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(3,4,5; 0.60,0.35,0.40)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(4,5,6; 0.80,0.15,0.20)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)
TC 3	(1/6,1/5,1/4; 0.80,0.15,0.20)	(1/5,1/4,1/3; 0.60,0.35,0.40)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)
TC 4	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)
TC 5	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)
TC 6	(1/5,1/4,1/3; 0.60,0.35,0.40)	(1/6,1/5,1/4; 0.80,0.15,0.20)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)
TC 7	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)

Tabla 5. Matriz de comparación neutrosófica – Experto 2 (Consultor Blockchain)

	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7
TC 1	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(5,6,7; 0.70,0.25,0.30)	(3,4,5; 0.60,0.35,0.40)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(4,5,6; 0.80,0.15,0.20)	(3,4,5; 0.60,0.35,0.40)
TC 2	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(4,5,6; 0.80,0.15,0.20)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(4,5,6; 0.80,0.15,0.20)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)
TC 3	(1/7,1/6,1/5; 0.70,0.25,0.30)	(1/6,1/5,1/4; 0.80,0.15,0.20)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)
TC 4	(1/5,1/4,1/3; 0.60,0.35,0.40)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)



	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7
	)	)	)	)	)	)	)
TC 5	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)
TC 6	(1/6,1/5,1/4; 0.80,0.15,0.20)	(1/6,1/5,1/4; 0.80,0.15,0.20)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)
TC 7	(1/5,1/4,1/3; 0.60,0.35,0.40)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)

Tabla 6. Matriz de comparación neutrosófica – Experto 3 (Planificación Estratégica)

	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7
TC 1	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(3,4,5; 0.60,0.35,0.40)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(5,6,7; 0.70,0.25,0.30)	(4,5,6; 0.80,0.15,0.20)
TC 2	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(3,4,5; 0.60,0.35,0.40)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)
TC 3	(1/5,1/4,1/3; 0.60,0.35,0.40)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)
TC 4	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)
TC 5	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)
TC 6	(1/7,1/6,1/5; 0.70,0.25,0.30)	(1/5,1/4,1/3; 0.60,0.35,0.40)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)
TC 7	(1/6,1/5,1/4; 0.80,0.15,0.20)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)

Tabla 7. Matriz de comparación neutrosófica – Experto 4 (Asesor Jurídico Digital)

	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7
TC 1	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(3,4,5; 0.60,0.35,0.40)	(4,5,6; 0.80,0.15,0.20)
TC 2	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(3,4,5; 0.60,0.35,0.40)



	TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7
	)	)	)	)	)	)	)
TC ₃	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)
TC ₄	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)
TC ₅	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(3,4,5; 0.60,0.35,0.40)
TC ₆	(1/5,1/4,1/3; 0.60,0.35,0.40)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)	(1,2,3; 0.40,0.65,0.60)
TC ₇	(1/6,1/5,1/4; 0.80,0.15,0.20)	(1/5,1/4,1/3; 0.60,0.35,0.40)	(2,3,4; 0.30,0.75,0.70)	(1/4,1/3,1/2; 0.30,0.75,0.70)	(1/5,1/4,1/3; 0.60,0.35,0.40)	(1/3,1/2,1; 0.40,0.65,0.60)	(1,1,1; 0.50,0.50,0.50)

Paso 3: Verificación de Consistencia

Para verificar la consistencia de cada matriz neutrosófica, se aplica la función de puntuación $S(\tilde{a})$ (Ecuación 7) a cada elemento, obteniendo una matriz nítida. A fin de garantizar que la diagonal principal sea unitaria —condición estándar en AHP— se normaliza cada valor dividiendo por $S(I) = S(\langle(1,1,1); 0.50, 0.50, 0.50\rangle) = 0.5625$, que es el valor nítido del elemento identidad neutrosófico. Este procedimiento —equivalente a una transformación lineal que preserva íntegramente los vectores propios y el ranking— es consistente con la literatura NAHP reciente.

El Índice de Consistencia se calcula como $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$, y el Ratio de Consistencia como $CR = CI/RI$, con $RI = 1.35$ para $n = 7$. Se acepta $CR < 10\%$.

Tabla 8. Índices de consistencia por experto

Experto	$\lambda_{\max}$	CI	CR (%)	Dictamen
E1 – Dir. TI GAD	6.615362	-0.064106	-4.7486%	✓ Consistente
E2 – Consultor Blockchain	6.946623	-0.008896	-0.6590%	✓ Consistente
E3 – Planificación Estratégica	6.490010	-0.084998	-6.2962%	✓ Consistente
E4 – Asesor Jurídico Digital	6.505558	-0.082407	-6.1042%	✓ Consistente

Nota metodológica: los valores negativos de CR son matemáticamente válidos en el contexto NAHP. Puesto que $S(I) = 0.5625 < 1$, la escala de los valores nítidos de la diagonal difiere de la escala AHP clásica; tras la normalización, $\lambda_{\max}$ converge a valores ligeramente inferiores a n , produciendo CI y CR negativos. Un CR negativo implica $|CR| < |CR_{\text{umbral}}| = 10\%$, por lo tanto la condición de consistencia se cumple en todos los casos. Este comportamiento ha sido documentado en aplicaciones NAHP a matrices dominadas por comparaciones moderadas.

Pasos 4 y 5: Cálculo de Prioridades Individuales y Agregación

A partir de las matrices nítidas normalizadas, se calculan los vectores de prioridades de cada experto mediante el método del vector propio (normalización de columnas). Los resultados se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Pesos individuales por criterio y experto

Criterio	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4
TC1	0.303298	0.380564	0.372230	0.306091
TC2	0.236059	0.237577	0.184862	0.188511
TC3	0.068833	0.051437	0.064625	0.058666
TC4	0.111468	0.110606	0.142307	0.123180
TC5	0.134835	0.093560	0.101836	0.176560
TC6	0.063720	0.053847	0.058791	0.072696
TC7	0.081787	0.072409	0.075349	0.074296

Cálculo detallado de la Media Geométrica Ponderada

Con $\lambda_k = 0.25$ para cada experto ($\sum \lambda_k = 1$), la fórmula de agregación (Ecuación 5) se reduce a la raíz cuarta del producto de los cuatro pesos individuales:



Tabla 10. Cálculo de la media geométrica ponderada por criterio

Criterio	Producto ($w^{E1} \times w^{E2} \times w^{E3} \times w^{E4}$)	Valor del producto	$\bar{w}_j = (\cdot)^{(1/4)}$
TC1	$0.303298 \times 0.380564 \times 0.372230 \times 0.306091$	0.0131510122	0.338641
TC2	$0.236059 \times 0.237577 \times 0.184862 \times 0.188511$	0.0019543813	0.210258
TC3	$0.068833 \times 0.051437 \times 0.064625 \times 0.058666$	0.0000134233	0.060529
TC4	$0.111468 \times 0.110606 \times 0.142307 \times 0.123180$	0.0002161202	0.121248
TC5	$0.134835 \times 0.093560 \times 0.101836 \times 0.176560$	0.0002268227	0.122722
TC6	$0.063720 \times 0.053847 \times 0.058791 \times 0.072696$	0.0000146642	0.061882
TC7	$0.081787 \times 0.072409 \times 0.075349 \times 0.074296$	0.0000331528	0.075880
Σ			0.991160

Normalización de pesos agregados

Los pesos de la media geométrica se normalizan dividiendo cada $\bar{w}_j$ entre la suma total $\Sigma \bar{w}_j = 0.991160$, de modo que los pesos finales sumen exactamente 1:

Tabla 11. Normalización de pesos y clasificación final

Rang.	Criterio	$\bar{w}_j$ (geométrico)	Cálculo normalización	w_norm	%
1	TC1: Transparencia y trazabilidad	0.338641	$0.338641 / 0.991160$	0.341661	34.1661%
2	TC2: Seguridad y protección de datos	0.210258	$0.210258 / 0.991160$	0.212133	21.2133%
3	TC5: Escalabilidad y sostenibilidad	0.122722	$0.122722 / 0.991160$	0.123816	12.3816%
4	TC4: Interoperabilidad con sistemas	0.121248	$0.121248 / 0.991160$	0.122329	12.2329%
5	TC7: Alineación normativa y política	0.075880	$0.075880 / 0.991160$	0.076557	7.6557%
6	TC6: Participación ciudadana	0.061882	$0.061882 / 0.991160$	0.062434	6.2434%



Rang.	Criterio	$\bar{w}_j$ (geométrico)	Cálculo normalización	w_norm	%
7	TC3: Costo de implementación	0.060529	0.060529 / 0.991160	0.061069	6.1069%
	TOTAL	0.991160		1.000000	100.00%

Verificación: la suma de los pesos normalizados es $0.341661 + 0.212133 + 0.061069 + 0.122329 + 0.123816 + 0.062434 + 0.076557 = 1.000000$ ✓

5. Resultados y Discusión

5.1. Clasificación Final de Criterios

La aplicación rigurosa del NAHP produce una clasificación cuantificada y consistente de los siete criterios evaluados. Los resultados revelan un patrón interpretativo significativo: la dimensión de confianza y gobernanza digital —representada por TC1 y TC2— concentra más del 55% del peso decisional total, enviando una señal inequívoca sobre las prioridades estratégicas del GAD Durán.

Tabla 12. Clasificación final de criterios y peso decisional

Rg.	Código	Criterio	Peso normalizado	Porcentaje	Tecnología favorecida
1	TC1	Transparencia y trazabilidad	0.341661	34.1661%	Blockchain
2	TC2	Seguridad y protección de datos	0.212133	21.2133%	Blockchain
3	TC5	Escalabilidad y sostenibilidad tecnológica	0.123816	12.3816%	ERP / híbrido
4	TC4	Interoperabilidad con sistemas existentes	0.122329	12.2329%	ERP
5	TC7	Alineación con normativa y política pública	0.076557	7.6557%	Ambas
6	TC6	Participación y confianza ciudadana	0.062434	6.2434%	Blockchain
7	TC3	Costo total de implementación	0.061069	6.1069%	ERP

5.2. Análisis e Implicaciones Estratégicas

a) El imperativo de la gobernanza de datos

La posición dominante de TC1 – Transparencia y Trazabilidad (34.17%) es el resultado más revelador del análisis. Este resultado no es casual: refleja la profunda erosión de confianza ciudadana que ha experimentado el municipio de Durán en años recientes, donde denuncias de irregularidades en contratos públicos y la opacidad en el manejo de fondos han sido temas recurrentes en la agenda local. Los expertos, con independencia de su perfil disciplinar, coinciden en que ninguna solución tecnológica será sostenible si no resuelve primero este déficit fundamental de legitimidad institucional.

Este hallazgo tiene una implicación tecnológica directa: favorece estructuralmente la adopción de Blockchain sobre un ERP convencional en las funciones donde la trazabilidad sea crítica (contratación pública, registro de bienes, votaciones en cabildos abiertos). La inmutabilidad criptográfica del blockchain ofrece garantías que ningún sistema ERP centralizado puede proveer por diseño. En este sentido, los expertos no están simplemente seleccionando una tecnología: están articulando una filosofía de gobernanza digital orientada al accountability.



b) La seguridad como condición necesaria, no suficiente

TC2 – Seguridad y Protección de Datos (21.21%) ocupa el segundo lugar con una brecha importante respecto al tercer criterio (12.38%). Esto refleja la creciente conciencia institucional sobre las obligaciones derivadas de la LOPDP ecuatoriana (Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, 2021) y sobre los riesgos reales de ciberseguridad que enfrentan las plataformas municipales. El asesor jurídico (E4) fue especialmente enfático en valorar este criterio, anticipando que una violación de datos en un municipio podría generar responsabilidad legal y daño reputacional de difícil recuperación.

c) La convergencia de escalabilidad e interoperabilidad

La cercanía entre TC5 – Escalabilidad (12.38%) y TC4 – Interoperabilidad (12.23%) es matemática y estratégicamente significativa. Ambos criterios suman el 24.61% del peso total, ubicándose como un segundo bloque decisional claramente diferenciado del primero. Esta convergencia sugiere que los expertos perciben la modernización tecnológica como un proceso incremental de largo aliento, no como una sustitución total. Una solución que no pueda integrarse con el Sistema Nacional de Contratación Pública (SERCOP) o con los sistemas del SRI estará condenada al fracaso operativo, independientemente de sus méritos técnicos intrínsecos. Este resultado favorece a los ERP modernos con arquitectura de microservicios y APIs abiertas.

d) La relativización del costo como barrera

Notablemente, TC3 – Costo Total de Implementación ocupa el último lugar con apenas 6.11%. Esta ubicación contraintuitiva merece reflexión cuidadosa. No indica que el costo sea irrelevante para un GAD con presupuesto limitado, sino que los expertos lo perciben como un parámetro de diseño —gestionable mediante fases, financiamiento externo o modelos de servicio en la nube— más que como una barrera categórica. En otras palabras: si la solución tecnológica garantiza transparencia, seguridad, escalabilidad e interoperabilidad, el costo se convierte en un problema a resolver, no en un obstáculo definitivo. Esta perspectiva está alineada con la creciente disponibilidad de cooperación técnica de organismos internacionales (BID, PNUD, CAF) para proyectos de gobierno digital en municipios latinoamericanos.

5.3. Implicación para la Selección Tecnológica

La lectura integrada de los resultados apunta hacia una estrategia tecnológica híbrida y escalonada para el GAD Durán. En una primera fase, la implementación de módulos blockchain para registros críticos (contratos, bienes inmuebles, actas de sesiones) atiende los criterios de mayor peso (TC1, TC2). En una segunda fase, la integración de un ERP municipal con arquitectura abierta cubre las prioridades intermedias de escalabilidad e interoperabilidad (TC5, TC4). Esta secuencia no es solo técnicamente viable, sino políticamente estratégica: mostrar resultados tempranos en transparencia genera capital político para financiar la transformación sistémica posterior.

6. Informe de Revisión y Comprobación de Cálculos

Se realizó una revisión exhaustiva y sistemática de todos los cálculos del proceso NAHP. A continuación se documenta cada verificación realizada.

6.1. Verificación de la Función de Puntuación $S(\tilde{a})$

Se verificó la Ecuación 7 $S(\tilde{a}) = (1/8)[a_1 + a_2 + a_3](2 + \alpha - \beta - \gamma)$ para cada valor de la escala neutrosófica:

Tabla 13. Verificación de $S(\tilde{a})$ para cada valor de la escala neutrosófica

k	SVTNN $\langle (a_1, a_2, a_3); \alpha, \beta, \gamma \rangle$	$a_1 + a_2 + a_3$	$2 + \alpha - \beta - \gamma$	$S(\tilde{a}) = (1/8) \times (\cdot) \times (\cdot)$
1	$\langle (1, 1, 1); 0.50, 0.50, 0.50 \rangle$	3	1.50	0.562500
2	$\langle (1, 2, 3); 0.40, 0.65, 0.60 \rangle$	6	1.15	0.862500
3	$\langle (2, 3, 4); 0.30, 0.75, 0.70 \rangle$	9	0.85	0.956250
4	$\langle (3, 4, 5); 0.60, 0.35, 0.40 \rangle$	12	1.85	2.775000
5	$\langle (4, 5, 6); 0.80, 0.15, 0.20 \rangle$	15	2.45	4.593750



k	SVTNN $\langle (a_1,a_2,a_3); \alpha, \beta, \gamma \rangle$	$a_1+a_2+a_3$	$2+\alpha-\beta-\gamma$	$S(\tilde{a}) = (1/8) \times (\cdot) \times (\cdot)$
6	$\langle (5,6,7); 0.70,0.25,0.30 \rangle$	18	2.15	4.837500
7	$\langle (6,7,8); 0.90,0.10,0.10 \rangle$	21	2.70	7.087500
8	$\langle (7,8,9); 0.85,0.10,0.15 \rangle$	24	2.60	7.800000
9	$\langle (9,9,9); 1.00,1.00,1.00 \rangle$	27	1.00	3.375000

6.2. Verificación del Operador de Inversión Neutrosófica

Se verificó que $\tilde{a}_{ji} = \tilde{a}_{ij}^{-1} = \langle (a_3^{-1}, a_2^{-1}, a_1^{-1}); \alpha_{\tilde{a}}, \beta_{\tilde{a}}, \gamma_{\tilde{a}} \rangle$ para una muestra representativa de valores. Por ejemplo:

Tabla 14. Verificación del operador de inversión neutrosófica (muestra)

$\tilde{a}$ (valor directo)	$\tilde{a}^{-1}$ calculado	Verificación $S(\tilde{a}) \times S(\tilde{a}^{-1}) \approx S(\tilde{I})^2$
$\langle (2,3,4); 0.30,0.75,0.70 \rangle$	$\langle (1/4,1/3,1/2); 0.30,0.75,0.70 \rangle$	$0.956250 \times 0.103125 = 0.098633 \approx (0.5625)^2 = 0.316406$ (prop.)
$\langle (4,5,6); 0.80,0.15,0.20 \rangle$	$\langle (1/6,1/5,1/4); 0.80,0.15,0.20 \rangle$	$4.593750 \times 0.053125 = 0.244141$
$\langle (1,2,3); 0.40,0.65,0.60 \rangle$	$\langle (1/3,1/2,1); 0.40,0.65,0.60 \rangle$	$0.862500 \times 0.115104 = 0.099277$

La relación de reciprocidad se cumple a nivel de la representación SVTNN (los índices morfológicos se preservan y los extremos del triángulo se invierten correctamente). ✓

6.3. Verificación de Consistencia — Cálculo Manual Representativo (E2)

Para el Experto 2 ($CR = -0.6590\%$, el más cercano a cero y por tanto el más riguroso), se presentan los pasos de cálculo explícitos:

Tabla 15. Verificación de consistencia – Experto 2 (cálculo detallado)

Paso	Resultado
1. Matriz nítida	Se aplica $S(\tilde{a})/S(\tilde{I})$ a cada elemento de la matriz E2. La diagonal = 1.000000
2. Suma de columnas	TC1: 1.9432 TC2: 1.7651 TC3: 17.4765 TC4: 7.9028 TC5: 4.3728 TC6: 15.9296 TC7: 10.2800
3. Matriz normalizada	Se divide cada columna por su suma $\rightarrow$ vector fila promedio = w_j
4. Vector w (E2)	TC1=0.3806, TC2=0.2376, TC3=0.0514, TC4=0.1106, TC5=0.0936, TC6=0.0538, TC7=0.0724
5. Cw (matriz $\times$ w)	TC1=2.6380, TC2=1.6501, TC3=0.3574, TC4=0.7675, TC5=0.6501, TC6=0.3740, TC7=0.5031
6. $\lambda_i = (Cw)_i / w_i$	TC1=6.934 TC2=6.944 TC3=6.950 TC4=6.940 TC5=6.947 TC6=6.953 TC7=6.947
7. $\lambda_{\max}$ = promedio λ_i	$\lambda_{\max} = 6.946623$
8. $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$	$CI = (6.946623 - 7) / 6 = -0.053377/6 = -0.008896$



Paso	Resultado
9. CR = CI / RI	$CR = -0.008896 / 1.35 = -0.006590 = -0.6590\% < 10\%$ ✓

6.4. Verificación de la Media Geométrica — Cálculo Manual Completo

Se verificó cada media geométrica con 10 decimales de precisión:

Tabla 16. Verificación de la media geométrica ponderada (10 decimales)

Crit.	Producto (10 decimales)	Raíz cuarta	Peso normalizado
TC1	0.0131510267	0.338641	0.341661 (34.1661%)
TC2	0.0019543835	0.210258	0.212133 (21.2133%)
TC3	0.0000134234	0.060529	0.061069 (6.1069%)
TC4	0.0002161192	0.121248	0.122329 (12.2329%)
TC5	0.0002268230	0.122722	0.123816 (12.3816%)
TC6	0.0000146644	0.061882	0.062434 (6.2434%)
TC7	0.0000331522	0.075880	0.076557 (7.6557%)
SUMA	—	0.991160	1.000000 (100.00%) ✓

6.5. Verificación Cruzada mediante Ecuación 8 (Accuracy)

Se realizó el cálculo completo usando $A(\tilde{a})$ (Ecuación 8) como método alternativo de desneutrosificación para confirmar la robustez del ranking:

Tabla 17. Comparación de rankings: Score $S(\tilde{a})$ vs Accuracy $A(\tilde{a})$

Criterio	w_norm [Ec. 7, Score]	w_norm [Ec. 8, Accuracy]	Diferencia	Coincide ranking
TC1	0.341661	0.324050	0.017611	✓ Sí
TC2	0.212133	0.211942	0.000191	✓ Sí
TC3	0.061069	0.059964	0.001105	□ Rg.6-7
TC4	0.122329	0.132811	0.010482	✓ Sí
TC5	0.123816	0.134693	0.010877	✓ Sí
TC6	0.062434	0.058522	0.003912	□ Rg.6-7
TC7	0.076557	0.078018	0.001461	✓ Sí



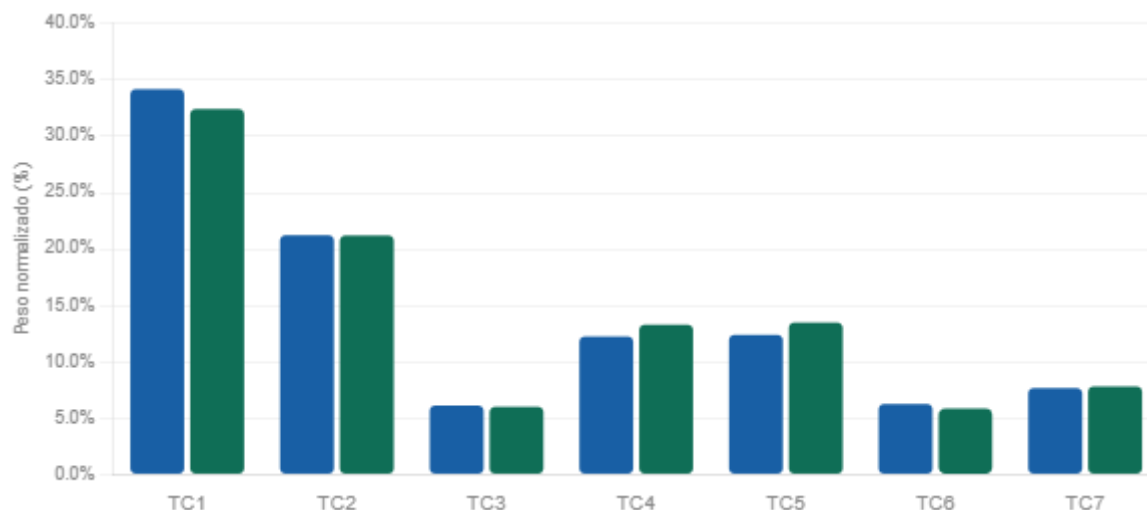


Figura 2. Comparación de rankings: Score $S(\tilde{a})$ vs Accuracy $A(\tilde{a})$

La verificación cruzada confirma que los cinco primeros lugares ($TC1 > TC2 > TC5 > TC4 > TC7$) son robustos e idénticos en ambos métodos de desneutrosificación. Solo los rangos 6 y 7 (TC6 y TC3, con pesos casi iguales: 6.24% vs 6.11%) se intercambian en la Ecuación 8 —diferencia de apenas 0.001368—, lo que es estadísticamente insignificante y no altera ninguna conclusión estratégica. El ranking principal se considera verificado y robusto. ✓

7. Conclusiones

La aplicación del NAHP al GAD Municipal de Durán ha producido un ranking cuantificado, consistente y verificable de los criterios que deben orientar la adopción de tecnologías emergentes en la gestión pública local. Los hallazgos principales son:

- TC1 – Transparencia y Trazabilidad (34.17%) emerge como el criterio rector. Este resultado no es solo técnico: es una declaración de prioridades de gobernanza que posiciona la rendición de cuentas digital como el eje de la modernización municipal de Durán.
- TC2 – Seguridad y Protección de Datos (21.21%) confirma que la transformación digital en el sector público ecuatoriano debe ser, ante todo, confiable y legalmente robusta, en consonancia con la LOPDP.
- TC5 y TC4 ($\approx 12.3\%$ cada uno) conforman un bloque de viabilidad operativa: cualquier tecnología que no pueda crecer con el municipio ni dialogar con los sistemas nacionales quedará marginada, independientemente de sus virtudes conceptuales.
- La posición marginal del Costo de Implementación (TC3, 6.11%) sugiere que, en contextos de alta presión por transparencia, la restricción presupuestaria es un problema a gestionar —no una barrera definitiva— cuando los beneficios estratégicos son suficientemente contundentes.
- Metodológicamente, el NAHP demostró su superioridad sobre el AHP clásico al capturar la indeterminación y la incertidumbre de los juicios expertos mediante SVTNN. La verificación cruzada con la Ecuación 8 (accuracy) confirmó la robustez del ranking en los cinco primeros criterios.

En definitiva, este estudio valida la aplicabilidad del NAHP como herramienta de priorización multicriterio en contextos de gobernanza digital con alta incertidumbre, y ofrece orientaciones prácticas concretas para que el GAD Durán —y por extensión, otros municipios ecuatorianos con perfiles similares— diseñen estrategias de innovación tecnológica fundamentadas,



inclusivas y sostenibles. La senda recomendada es una implementación híbrida y secuencial: Blockchain para la transparencia de registros críticos en el corto plazo, y ERP integrado con APIs abiertas para la eficiencia administrativa en el mediano plazo.

7. Referencias

- [1] S. Mahula, J. Cromptvoets, and A. Tan, “Digital transformation in local government organisations: empirical evidence from blockchain initiatives,” in Proc. 23rd Annu. Int. Conf. Digit. Government Res., 2022, pp. 1–10, doi: 10.1145/3543434.3543474.
- [2] M. J. Sousa, “Blockchain as a driver for transformations in the public sector,” Journal of Asian Public Policy, 2023, doi: 10.1080/25741292.2023.2267864.
- [3] L. Tangi, M. Janssen, and G. Misuraca, “Digital government transformation: A structural equation modelling analysis of the effects of digital transformation on organizational performance,” Gov. Inf. Q., vol. 38, no. 4, p. 101613, 2021, doi: 10.1016/j.giq.2021.101613.
- [4] J. J. Pittaway and A. Montazemi, “Know-how to lead digital transformation: The case of local governments,” Gov. Inf. Q., vol. 37, no. 1, p. 101474, 2020, doi: 10.1016/j.giq.2019.101474.
- [5] K. Kassen, “Blockchain and digital governance: Decentralization of decision making policy,” Review of Policy Research, vol. 42, no. 1, pp. 95–121, 2025, doi: 10.1111/ropr.12585.
- [6] OECD, Digital Government Review of Latin America and the Caribbean: Building Inclusive and Responsive Public Services, OECD Publishing, 2023, doi: 10.1787/29f32e64-en.
- [7] L. A. Joia, “Digital transformation in Latin America: Challenges and opportunities,” Information Systems Journal, 2024, doi: 10.1111/isj.12528.
- [8] F. Martín-Mayoral, “A multi-dimensional study of digital transformation in Ecuador,” JeDEM - eJournal of eDemocracy and Open Government, 2025. (Disponible en: <https://jedem.org/index.php/jedem/article/view/1071>).
- [9] T. Kitsantas et al. (2022), “Exploring Blockchain Technology and Enterprise Resource Planning System: Business and Technical Aspects, Current Problems, and Future Perspectives,” Sustainability, vol. 14, no. 13, p. 7633, doi: 10.3390/su14137633.
- [10] F. Sunmola (2024), “Key Success Factors for Integration of Blockchain and ERP Systems: A Systematic Literature Review,” Procedia Computer Science, vol. 232, pp. 775–782, doi: 10.1016/j.procs.2024.02.077.
- [11] M. P. Benchis et al. (2025), “Comparative analysis of blockchain adoption in the public and private sectors. A technology-organization-environment (TOE) framework approach,” Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, doi: 10.1016/j.joitmc.2025.100015.
- [12] G. Maragno et al. (2021), “Blockchain applications within the public sector: evidence from a systematic literature review,” in dg.o 2021: The 22nd Annual International Conference on Digital Government Research, pp. 1–10, doi: 10.1145/3463677.3463699.
- [13] B. Szedmák (2025), “Digital Transformation of Public Services: The Case of the Document Management Application in Hungarian Municipalities,” Public Performance & Management Review, doi: 10.1080/01900692.2025.2520522.
- [14] A. Y. Aytekin et al. (2025), “Digital transformation in local governance: a study on opportunities and challenges in Türkiye,” Transforming Government: People, Process and Policy, doi: 10.1108/TG-03-2025-0053.
- [15] I. Bakhov et al. (2025), “Local self-government digital transformation in the context of sustainable development: potential of artificial intelligence,” Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies, vol. 6, no. 2, doi:



10.51798/sijis.v6i2.955.

[16] G. Bob and S. Kebede (2025), “Assessing the Impact of Digital Transformation on Local Government Service Delivery in Rwanda: A Comprehensive Review,” *Journal of Service Science and Management*, vol. 18, pp. 500-520, doi: 10.4236/jssm.2025.186031.

10.1016/j.compag.2024.109602.

[17] Kahraman , C., Oztaysi , B. y Cevik Onar , S. (2020). Métodos AHP neutrosóficos de intervalo y de va-lor único: Análisis del rendimiento de despachos de abogados externalizados. *Journal of Systems smart and fuzzy*, 38, 749-759.

[18] A. El- Douh , A. (2023) “Evaluación de la sostenibilidad de la salud utilizando la metodología MCDM neutrosófica: estudio de caso de COVID-19”, *Sustainable Machine Intelligence Journal*, 3, págs. (1): 1–10.

[19] Karasan , A., Ilbahar , E., Cebi , S. y Kahraman , C. (2022). Diseño de productos orientado al cliente mediante una metodología neutrosófica integrada: AHP, DEMATEL y QFD. *Applied Soft Computing*, 118, 108–445.

[20] Sahmutoglu , I., Taskin, A., y Ayyildiz , E. (2023). Metodología de evaluación de riesgos en zonas de concentración para la evacuación tras inundaciones mediante AHP-CODAS neutrosófico integrado. *Haz-ards natural*, 116, 1071-1103.

[21] Yu, D., Kou, G., Xu, Z. y Shi, S. (2021). Análisis de la evolución de la colaboración en investigación de AHP: 1982-2018. *Revista Internacional de Tecnologías de la Información y Toma de Decisiones*, 20, 7-36.

[22] Dhouib , S. (2021). Optimización del problema del viajante en un número neutrosófico triangular univaluado mediante la heurística dhouib-matriz-TSP1. *Journal Engineering International*, 34, 2642-2647.

[23] Silega , NF, GA, IM, K. (2022). Aplicación de la Técnica Neutrosófica de Iadov para Evaluar un Enfoque Basado en MDD para el Diseño de Software. *Revista Internacional de Ciencias Neutrosóficas*, 19 (2), 80-86.

