



DISEÑO MULTICRITERIO DEL ÍNDICE IV-TEAS PARA EVALUAR GASOLINA ECOPAÍS EN EL CANTÓN RUMIÑAHUI, ECUADOR

Monta Gómez, Maritza¹
Solís Méndez, Fidel²

¹ Doctoranda en Proyectos, Universidad Americana de Europa (UNAE). Correo: maritzamonta@yahoo.com

² Profesor-Investigador, Universidad Americana de Europa (UNAE). Correo: solisfidel@gmail.com

RESUMEN

El transporte terrestre en Ecuador ha mantenido una dependencia casi absoluta de combustibles fósiles, situación que se expresa con especial fuerza en el cantón Rumiñahui por el crecimiento sostenido del parque automotor liviano y del consumo de gasolina convencional. Aunque en el país se han desarrollado estudios sobre rendimiento y emisiones de mezclas etanol-gasolina, no se había estructurado un modelo multicriterio territorialmente contextualizado que permitiera evaluar de manera integrada la viabilidad técnica, económica, ambiental y social de la gasolina Ecopaís. El objetivo de este artículo fue presentar el diseño y la fundamentación metodológica del índice IV-TEAS para evaluar la viabilidad de la gasolina Ecopaís en vehículos livianos del cantón Rumiñahui. Se desarrolló un estudio no experimental, transversal, de alcance evaluativo-analítico, con enfoque mixto convergente. El componente cuantitativo consideró una muestra mínima de 194 casos válidos y un levantamiento estimado de 230 a 236 encuestas; el componente cualitativo contempló entrevistas semiestructuradas bajo criterio de saturación teórica. Como resultado del avance metodológico, se definieron cuatro dimensiones de análisis – técnica, económica, ambiental y social–, se estructuró la ruta de normalización y ponderación mediante Entropy Weight, y se estableció la agregación geométrica ponderada del IV-TEAS con un umbral de viabilidad de 0.60. Se concluyó que el modelo propuesto constituye una herramienta metodológica replicable para la evaluación territorial de combustibles alternativos en contextos locales.

Palabras clave: Biocombustibles; Evaluación Multicriterio; Transporte Sostenible

ABSTRACT

Land transport in Ecuador has remained almost entirely dependent on fossil fuels, a situation that is particularly evident in the canton of Rumiñahui due to the sustained growth of the light vehicle fleet and the consumption of conventional gasoline. Although studies have been conducted in the country on performance and emissions of ethanol-gasoline blends, no territorially contextualized multicriteria model had yet been structured to assess, in an integrated manner, the technical, economic, environmental, and social viability of Ecopaís gasoline. The aim of this article was to present the design and methodological foundation of the IV-TEAS index for evaluating the viability of Ecopaís gasoline in light vehicles in Rumiñahui. A non-experimental, cross-sectional study with evaluative-analytical scope and a convergent mixed-methods approach was developed. The quantitative component considered a minimum sample of 194 valid cases and an estimated fieldwork of 230 to 236 surveys; the qualitative component included semi-structured interviews under a theoretical saturation criterion. As a result of the methodological progress achieved, four analytical dimensions—technical, economic, environmental, and social—were defined; the normalization and weighting route through Entropy Weight was established; and the weighted geometric aggregation of IV-TEAS with a viability threshold of 0.60 was specified. It was concluded that the proposed model constitutes a replicable methodological tool for the territorial assessment of alternative fuels in local contexts.

Keywords: Biofuels; Multi-Criteria Assessment; Sustainable Transport



INTRODUCCIÓN

La transición energética en el sector transporte constituye uno de los desafíos más complejos para los territorios que mantienen una alta dependencia de combustibles fósiles. En Ecuador, esta dependencia persiste en el parque vehicular liviano, donde la gasolina convencional continúa siendo la principal fuente de energía para la movilidad cotidiana. En el cantón Rumiñahui, esta situación adquiere relevancia por el crecimiento urbano, la intensificación del tránsito vehicular y la ausencia de alternativas evaluadas con criterios integrales para apoyar la toma de decisiones locales.

La literatura nacional sobre biocombustibles ha mostrado avances en dos líneas principales: estudios documentales sobre transición energética y estudios experimentales centrados en rendimiento y emisiones. Sin embargo, esa evidencia sigue siendo parcial. En el caso específico de la gasolina Ecopaís, predominan comparaciones técnicas entre combustibles, cuyos resultados dependen del tipo de vehículo, del estado mecánico y de las condiciones de prueba. Por ello, todavía no se dispone de un modelo metodológico replicable que permita valorar su viabilidad de manera contextualizada en el ámbito territorial. (Morquecho, 2018)

Desde la perspectiva metodológica, esta carencia es relevante porque las decisiones energéticas no deben apoyarse en un solo criterio. La literatura sobre análisis de decisión multicriterio en energía advierte que las evaluaciones centradas únicamente en eficiencia técnica, costos o emisiones tienden a simplificar en exceso problemas que son multidimensionales. En consecuencia, se requiere una herramienta que integre de forma explícita criterios técnicos, económicos, ambientales y sociales en una sola estructura analítica.

En síntesis, el problema central consiste en la ausencia de un modelo multicriterio contextualizado que permita evaluar de manera integrada la viabilidad técnica, económica, ambiental y social de la gasolina Ecopaís en el cantón Rumiñahui. La pregunta que guía el estudio es la siguiente: ¿cómo evaluar, mediante un modelo multicriterio contextualizado, la viabilidad técnica, económica, ambiental y social de la gasolina Ecopaís en vehículos livianos del cantón Rumiñahui?

La relevancia del estudio se sustenta en cuatro planos. En el plano teórico, aporta al análisis de transición energética local con una mirada integral sobre biocombustibles de baja mezcla. En el plano metodológico, propone un modelo replicable de evaluación territorial. En el plano práctico, genera una herramienta útil para la toma de decisiones energéticas locales. En el plano ambiental y de política pública, ofrece una base técnica para valorar rutas de descarbonización progresiva en el transporte liviano.

El objetivo general del artículo es presentar el diseño y la fundamentación metodológica del índice IV-TEAS para evaluar la viabilidad de la gasolina Ecopaís en vehículos livianos del cantón Rumiñahui. De manera específica, se busca: a) definir las dimensiones que integran la viabilidad del combustible; b) estructurar los indicadores del modelo; c) justificar la ruta de ponderación y agregación del índice; y d) establecer una regla explícita de decisión para su interpretación. El criterio metodológico de decisión de trabajo sostiene que la gasolina Ecopaís presentará viabilidad integral cuando el índice multicriterio alcance o supere el umbral de 0.60.

El aporte original del IV-TEAS frente a modelos multicriterio previos reside en cinco rasgos: primero, se orienta a la evaluación territorial de un biocombustible de baja mezcla y no a sistemas energéticos amplios o tecnologías eléctricas; segundo, integra de forma explícita dimensiones técnica, económica, ambiental y social; tercero, adapta la lógica de evaluación al contexto específico de un cantón con alta dependencia del transporte fósil; cuarto, incorpora una regla de decisión reproducible mediante umbral explícito; y quinto, articula evidencia cuantitativa y cualitativa para fortalecer la interpretación del índice.

ESTADO DEL ARTE

La evidencia internacional sobre mezclas etanol-gasolina muestra que las mezclas bajas, como E5 y E10, pueden reducir ciertos contaminantes, especialmente monóxido de carbono y material particulado, sin alterar de forma uniforme el desempeño energético. No obstante, los hallazgos siguen siendo heterogéneos y dependientes del contexto técnico de cada vehículo, lo que refuerza la necesidad de evaluaciones contextualizadas. (Íñiguez, 2017)

En Ecuador, los estudios sobre gasolina Ecopaís se han concentrado en comparaciones de rendimiento y emisiones. Algunos trabajos han reportado reducciones de contaminantes respecto de gasolina Extra, mientras que otros han señalado menor rendimiento por galón frente a combustibles de mayor octanaje. En conjunto, esta producción permite afirmar que existe evidencia técnica útil, pero todavía fragmentada y limitada a pruebas aisladas. (Inga & Vidal, 2019)

Desde el punto de vista metodológico, el vacío más importante no se ubica en la ausencia total de estudios sobre biocombustibles, sino en la falta de modelos multicriterio territorialmente contextualizados que integren simultáneamente dimensiones técnico-energéticas, económicas, ambientales y sociales para el caso de la gasolina Ecopaís. Esa carencia constituye el punto de partida del presente avance doctoral.

MARCO TEÓRICO

Análisis de decisión multicriterio en energía

El análisis de decisión multicriterio constituye una herramienta adecuada para problemas en los que intervienen criterios múltiples y no reducibles entre sí. En el ámbito energético, su valor radica en permitir la integración de dimensiones diversas dentro de una sola lógica de evaluación, evitando lecturas parciales sustentadas en un único indicador. (Villacrés, 2024)

Indicadores compuestos

Los indicadores compuestos sintetizan múltiples variables en un solo índice y permiten representar fenómenos complejos en una medida interpretable. Su construcción exige una definición clara de dimensiones, un procedimiento de normalización, criterios de ponderación y una función explícita de agregación. En este estudio, esa lógica se concreta en el índice IV-TEAS. (OECD, 2008)

Fundamento epistemológico

El estudio se adscribe a un enfoque pragmático con orientación postpositivista. Desde esta perspectiva, la realidad puede ser analizada mediante medición empírica, aunque el conocimiento resultante se asume falible, probabilístico y sujeto a contraste. Este fundamento resulta congruente con un modelo de evaluación multicriterio que establece reglas de decisión explícitas y contrastables. (Phillips & Burbules, 2000)

Definición de viabilidad-aceptabilidad

Para mejorar la comprensión de algunas palabras, en este artículo el término viabilidad se emplea para designar el atributo global de factibilidad territorial del uso de gasolina Ecopaís. La expresión evaluación de la viabilidad refiere al procedimiento metodológico mediante el cual ese atributo es analizado. En cambio, aceptabilidad se utiliza únicamente para aludir a la disposición social favorable hacia el combustible y, por tanto, se circunscribe a la dimensión social del modelo, sin equivaler al juicio integral de viabilidad.

METODOLOGÍA

El presente artículo corresponde a un estudio metodológico aplicado derivado de una investigación doctoral en curso. Su propósito no es reportar resultados empíricos concluidos, sino presentar el diseño, la fundamentación analítica y la estructura operativa del índice IV-TEAS para evaluar la viabilidad territorial de la gasolina Ecopaís en el cantón Rumiñahui.

La investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental, transversal, de alcance evaluativo-analítico y con enfoque mixto convergente. Se eligió este diseño porque el estudio observó el fenómeno en su contexto natural, sin manipulación de variables, con el propósito de analizar asociaciones relevantes para la evaluación de viabilidad del uso de gasolina Ecopaís.

Integración del enfoque mixto convergente

El diseño mixto convergente implicó la recolección paralela de información cuantitativa y cualitativa sobre el mismo fenómeno. El componente cuantitativo permitió estimar los subíndices técnico, económico, ambiental y social, así como el valor global del IV-TEAS. El componente cualitativo profundizó en barreras de adopción, percepción de desempeño, aceptación social y condiciones contextuales del territorio. La integración se efectuará en la fase interpretativa mediante triangulación convergente y matrices conjuntas de contraste, con el fin de identificar convergencias, discrepancias y explicaciones contextuales para los patrones observados.

Para el componente cuantitativo se estimó una muestra mínima de 194 casos válidos, siguiendo criterios de potencia estadística basados en Cohen y Hair et al., con un nivel de significancia de 0.05, potencia de 0.80 y tamaño de efecto pequeño. Para compensar pérdidas por cuestionarios incompletos, inconsistencias o depuración, se proyectó un levantamiento entre 230 y 236 encuestas. En el componente cualitativo, el número de participantes se definió mediante saturación teórica, con una previsión de 20 a 35 entrevistas semiestructuradas a actores vinculados con las dimensiones técnica, económica, ambiental y social del fenómeno. En consecuencia, trasciende la mera recolección y análisis de datos mixtos; implica la articulación de ambos enfoques para lograr una robustez superior a la que ofrecen los métodos cualitativos o cuantitativos de manera aislada (Creswell & Plano Clark, 2007).

Se emplearon dos técnicas de recolección de información. La primera fue una encuesta estructurada con escala Likert de cinco puntos y bloques organizados según las dimensiones técnica, económica, ambiental y social. La segunda fue una entrevista semiestructurada orientada a profundizar en barreras, aceptación y contextos de uso. La integración entre ambos componentes se planteó en la fase interpretativa del estudio.

El área de estudio correspondió al cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, Ecuador, territorio caracterizado por crecimiento poblacional, incremento del parque automotor y alta dependencia del transporte basado en combustibles fósiles. La población de interés del componente cuantitativo estuvo constituida por habitantes del cantón que utilizan vehículos livianos y han empleado gasolina Extra o Ecopaís.

Justificación del caso territorial

La selección del cantón Rumiñahui respondió a criterios metodológicos y no únicamente contextuales. En primer lugar, constituye un caso territorial pertinente por el crecimiento sostenido del parque vehicular liviano y su dependencia del consumo de gasolina convencional. En segundo lugar, representa un caso crítico, ya que la gasolina Ecopaís no forma parte del esquema regular de distribución local, lo que hace especialmente relevante evaluar su viabilidad antes de cualquier eventual incorporación. En tercer lugar, su configuración urbana y funcional lo convierte en un caso con potencial de transferibilidad analítica hacia otros cantones intermedios del país con patrones similares de movilidad y demanda energética.

Operacionalización de indicadores

A continuación se presentan las dimensiones que definen el índice IV-TEAS y sus indicadores:

Tabla 1

Dimensión Técnica (T)

Dimensión	Definición Operacional	Indicadores	Tipo de dato	Escala	Instrumento
-----------	------------------------	-------------	--------------	--------	-------------

Técnica (T)	Desempeño funcional del combustible	Kilómetro galón	por	Cuantitativo continuo	km/gal	Encuesta T1
-------------	-------------------------------------	-----------------	-----	-----------------------	--------	-------------

Tabla 2

Dimensión Económica (E)

Dimensión	Definición Operacional	Indicadores	Tipo de dato	Escala	Instrumento	
Económica (E)	Costo del combustible	Gasto semanal	por	Cuantitativo continuo	USD/semana	Encuesta E1
		Kilómetros semana	por	Cuantitativo continuo	km/semana	Encuesta E2
		Costo por recorrido	por km	Cuantitativo continuo	USD/km	Cálculo E1/E2

Tabla 3

Dimensión Ambiental (A)

Dimensión	Definición Operacional	Indicadores	Tipo de dato	Escala	Instrumento
Ambiental (A)	Impacto ambiental asociado al uso de combustible	Emisión estimada CO ₂	Cuantitativo continuo	kg CO ₂ /km	Cálculo con factores de emisión IPCC

Tabla 4

Dimensión Social (S)

Dimensión	Definición Operacional	Indicadores	Tipo de dato	Escala	Instrumento
Social (S)	Nivel de confianza en el combustible	Satisfacción general	Ordinal	Likert 1-5	Encuesta S1

Ponderación objetiva mediante Entropy Weight

Se optó por Entropy Weight como método de ponderación objetiva porque permite estimar el peso relativo de cada indicador a partir de su variabilidad informativa dentro del conjunto de datos. Bajo esta lógica, un indicador con mayor dispersión relativa aporta mayor capacidad discriminante y, por tanto, recibe mayor ponderación, mientras que un indicador con baja variabilidad aporta menos información al modelo. Esta elección resulta pertinente para el IV-TEAS porque reduce la arbitrariedad de asignar pesos iguales o exclusivamente expertos, sin prescindir del marco conceptual que orienta la selección de dimensiones e indicadores.

Frente a métodos subjetivos como AHP (Analytic Hierarchy Process o Proceso Analítico Jerárquico) o ponderaciones iguales, Entropy Weight ofrece una ventaja en contextos exploratorios y territoriales: la estructura de pesos emerge del comportamiento de los datos y no solo de preferencia experta. Su principal

limitación es que depende de la calidad y variabilidad del dato; por ello, en este estudio se prevé complementar su uso con análisis de sensibilidad.

Formulación matemática del IV-TEAS

La formulación del IV-TEAS se estructuró en dos niveles. En el primero, los indicadores de cada dimensión se normalizaron y agregaron en un subíndice específico. En el segundo, los cuatro subíndices se integraron mediante una función geométrica ponderada. Esta estructura evita compensaciones excesivas entre dimensiones y exige desempeño simultáneo en los cuatro componentes del modelo.

Formulación por dimensión:

$$D_{id} = \sum_{j=1}^{md} w_{jd} * z_{ijd}$$

Donde:

D_{ij} = Puntaje de la dimensión d para el caso i

z_{ijd} = Valor normalizado del indicador j en la dimensión d

w_{jd} = Peso del indicador j dentro de la dimensión d

$$\sum w_{ij} = 1$$

Formulación del índice de viabilidad:

$$IV - TEAS_i = D_{iT}^{\beta T} * D_{iE}^{\beta E} * D_{iA}^{\beta A} * D_{iS}^{\beta S}$$

Donde:

$D_{iT}, D_{iE}, D_{iA}, D_{iS}$ = Subíndices técnico, económico, ambiental y social

$$\beta T + \beta E + \beta A + \beta S = 1$$

La estrategia analítica se sustentó en la construcción del índice IV-TEAS. Primero, los indicadores se normalizaron en una escala común. Después, se estimaron pesos objetivos mediante Entropy Weight. Posteriormente, las dimensiones: Técnica (T), económica (E), ambiental (A) y social (S) se integraron mediante agregación geométrica ponderada. Finalmente, se fijó una regla de decisión con umbral explícito: IV-TEAS \geq 0.60 se interpretó como viabilidad aceptable, mientras que valores inferiores se consideraron no viables en la fase de contraste empírico. El uso de TOPSIS se reservó como procedimiento complementario de contraste en escenarios de comparación, no como sinónimo de la agregación geométrica. (Wang, 2009)

El umbral preliminar de viabilidad (IV-TEAS \geq 0.60) se definió como un criterio operativo inicial de cumplimiento integrado, al representar un nivel superior al punto medio de la escala normalizada y exigir desempeño simultáneo en las dimensiones técnica, económica, ambiental y social. No obstante, dicho punto de corte no se asume como definitivo: será calibrado empíricamente mediante validación por juicio experto y análisis de sensibilidad en la fase de contraste del modelo, con el fin de verificar su estabilidad y capacidad discriminante.

Conforme a los principios de evaluación multicriterio (Belton & Stewart, 2002; OCDE, 2008), la validez de los índices compuestos reside en el uso de umbrales explícitos para obtener resultados reproducibles. Bajo esta premisa, el IV-TEAS requirió cumplir cuatro etapas formales:

1. Normalización: Debe realizarse para que las variables sean comparables estableciendo un máximo y un mínimo.

2. **Aplicación de Entropy Weight:** Aplicar los procedimientos de ponderación adecuados que respeten tanto el marco teórico como las propiedades de los datos.
3. **Agregación geométrica:** Aplicar el método de agregación geométrica:
4. **Umbral:** El valor establecido como regla de decisión y convierte al estudio en falible, como exige el postpositivismo:
Viable si $IV \geq 0.60$
No viable si $IV < 0.60$

RESULTADOS

Resultados del avance metodológico

A la fecha de cierre del presente avance doctoral, el estudio no reportó aún resultados empíricos finales derivados del levantamiento cuantitativo y cualitativo. En consecuencia, esta sección presenta exclusivamente los resultados metodológicos alcanzados durante la fase de diseño, por ser los productos verificables disponibles al momento de la redacción.

El primer resultado consistió en la definición del modelo IV-TEAS como un índice compuesto de viabilidad para gasolina Ecopaís, integrado por cuatro dimensiones: técnica, económica, ambiental y social. Esta delimitación permitió superar los enfoques unidimensionales observados en la literatura revisada y establecer un marco de evaluación coherente con la naturaleza compleja del problema.

El segundo resultado fue la operacionalización de las dimensiones en indicadores observables. En la dimensión técnica se incorporaron variables vinculadas con rendimiento, funcionamiento del motor y frecuencia de fallas. En la dimensión económica se definieron indicadores de gasto, kilómetros recorridos, costo por kilómetro y percepción de ahorro. En la dimensión ambiental se integraron emisiones estimadas, evidencia visible de combustión, aprobación en revisión técnica vehicular y percepción de reducción del impacto. En la dimensión social se incluyeron satisfacción, recomendación y confianza institucional.

El tercer resultado fue la estructuración de la ruta analítica del índice. Se estableció la normalización Min-Max de indicadores, la ponderación objetiva mediante Entropy Weight y la agregación geométrica ponderada de las cuatro dimensiones, con un umbral de interpretación de 0.60 para la decisión de viabilidad.

El cuarto resultado consistió en la definición de la ruta de levantamiento empírico. Se fijó una muestra mínima de 194 casos válidos para el componente cuantitativo, un rango de 230 a 236 encuestas para compensar pérdidas previsibles y un rango preliminar de 20 a 35 entrevistas para el componente cualitativo, bajo criterios de saturación teórica y pertinencia informativa.

DISCUSIÓN

Dado que el presente artículo reporta un avance metodológico y no resultados finales de campo, la discusión se centra en la pertinencia analítica del modelo propuesto, su capacidad integradora y sus limitaciones operativas en esta fase del estudio.

La estructura metodológica propuesta resulta pertinente porque el problema estudiado no puede reducirse a un solo criterio de evaluación. Analizar únicamente el rendimiento del combustible, su precio o sus emisiones produciría una imagen parcial del fenómeno e impediría valorar la viabilidad territorial en toda su complejidad.

La elección de una agregación geométrica ponderada se justifica porque evita la compensación excesiva entre dimensiones. En otras palabras, un desempeño alto en un criterio no debe ocultar un

desempeño claramente deficiente en otro. Esa lógica fortalece la utilidad del índice para contextos reales de decisión pública, donde la viabilidad no depende de una sola ventaja aislada.

Asimismo, la incorporación de ponderaciones objetivas mediante Entropy Weight aporta trazabilidad a la construcción del índice y reduce la arbitrariedad en la asignación inicial de pesos. Esto no elimina completamente la necesidad de juicio analítico, pero sí ofrece una base más transparente para la integración de criterios.

El modelo presenta, sin embargo, limitaciones propias de la fase de avance. La principal es que el índice todavía no ha sido contrastado con la totalidad del levantamiento empírico, por lo que su validación operativa permanece en desarrollo. También debe reconocerse que la utilidad final del modelo dependerá de la calidad del dato recolectado, de la consistencia entre indicadores y de la estabilidad del umbral adoptado para la toma de decisiones.

Una limitación metodológica del IV-TEAS radica en que algunos indicadores de las dimensiones social y ambiental incorporan percepciones autorreportadas, lo que puede introducir sesgos de deseabilidad social, recuerdo imperfecto o evaluación subjetiva del desempeño. Esta limitación no invalida el modelo, pero exige cautela interpretativa. Para mitigarla, el estudio combina indicadores perceptuales con variables de mayor objetivación, como gasto, kilometraje, aprobación en revisión técnica vehicular y estimación de emisiones mediante factores establecidos. Asimismo, la información cualitativa se utilizará para contextualizar y contrastar las respuestas autorreportadas.

Aun con esas limitaciones, el IV-TEAS aporta una ventaja metodológica clara: traduce un problema energético territorial en una estructura analítica explícita, replicable y susceptible de actualización conforme avance el trabajo de campo. En ese sentido, el valor del artículo no radica todavía en demostrar efectos finales, sino en ofrecer una arquitectura metodológica defendible para evaluarlos.

CONCLUSIONES

El avance doctoral permitió diseñar un modelo multicriterio contextualizado para evaluar la viabilidad de la gasolina Ecopaís en vehículos livianos del cantón Rumiñahui. Ese modelo se concretó en el índice IV-TEAS, estructurado a partir de cuatro dimensiones: técnica, económica, ambiental y social.

El principal aporte del artículo es metodológico. Se definió una ruta completa de construcción del índice, desde la selección de dimensiones e indicadores hasta la normalización, ponderación, agregación y establecimiento de un umbral explícito de decisión. Esta estructura ofrece una base replicable para estudios de viabilidad energética territorial.

El criterio metodológico de decisión permanece planteado, pero su contraste definitivo queda sujeto a la fase empírica del proyecto. En esta etapa, por tanto, no se afirma la viabilidad final de la gasolina Ecopaís en el cantón Rumiñahui, sino la pertinencia y consistencia del modelo diseñado para evaluarla.

En esta fase del artículo, el valor del estudio radica en ofrecer una arquitectura metodológica explícita y replicable para evaluar la viabilidad territorial de la gasolina Ecopaís, cuya contrastación empírica se desarrollará en la siguiente etapa de la investigación.

REFERENCIAS

- Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). *Multiple criteria decision analysis: An integrated approach*. Kluwer Academic Publishers.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. SAGE Publications.
- Hair, J. F., Jr., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2019). *Multivariate data analysis* (8th ed.). Cengage Learning.
- Inga Guamán, V. J., & Vidal González, J. E. (2019). *Evaluación del rendimiento de las gasolinas súper y ecopaís mediante un ciclo típico de conducción para taxis del Azuay*[Tesis de pregrado, Universidad del Azuay].
- Iñiguez, J. F., Reyes, G. G., Rivera, C. A., & Vera, E. S. (2017). *Estudio de emisiones contaminantes producidas por un motor Otto con el uso de gasolina y un combustible a base de 95% de gasolina y 5% de etanol*. INNOVA Research Journal, 2(12), 11–18.
- Morquecho Andrade, F. L. (2018). *Análisis de rendimiento y costo de los combustibles ecopaís y super*. INNOVA Research Journal, 3(10.1), 135-149. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.1.2018.899>
- OECD & European Union. (2008). Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide. OECD.
- Phillips, D. C., & Burbules, N. C. (2000). *Postpositivism and educational research*. Rowman & Littlefield.
- Villacrés Quintana, A. S., Pineda Silva, G. V., & Zurita Vargas, J. D. (2024). *Evaluación multicriterio neutrosófica para el análisis de la energía requerida por la incorporación de buses eléctricos en la ciudad de Ambato*. Neutrosophic Computing and Machine Learning, 33.
- Wang, J., Jing, Y., Zhang, C., & Zhao, J. (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2263–2278.