



Priorización Neutrosófica de estrategias pedagógicas inclusivas para estudiantes con necesidades educativas especiales en la formación en ingeniería de software mediante el proceso de jerarquía analítica

Neutrosophic Prioritization of Inclusive Pedagogical Strategies for Students with Special Educational Needs in Software Engineering Education: A SVN-AHP Approach

Tatiana Mabel Alcívar Maldonado¹, Alfonso Aníbal Guijarro Rodríguez^{2,3*}, Gladys C. Jácome-Morales⁴, Julio Cesar Castro Rosado⁵.

¹ Faculty of Mathematical and Physical Sciences, University of Guayaquil, Guayas, Ecuador; tatiana.alcivar@ug.edu.ec

² Faculty of Mathematical and Physical Sciences, University of Guayaquil, Guayas, Ecuador; alfonso.guijarro@ug.edu.ec

³ Artificial Intelligence Research Group, University of Guayaquil, Guayas, Ecuador.

⁴ Faculty of Mathematical and Physical Sciences, University of Guayaquil, Guayas, Ecuador; gladys.jacomem@ug.edu.ec

⁵ Faculty of Mathematical and Physical Sciences, University of Guayaquil, Guayas, Ecuador; julio.castro@ug.edu.ec

* Correspondence: alfonso.guijarro@ug.edu.ec;

Resumen: La educación superior procura garantizar procesos formativos inclusivos y equitativos, en coherencia con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4, orientado a una educación de calidad para todos. En la carrera de software de la Universidad de Guayaquil se evidencia una sólida formación técnica del profesorado, pero coexisten limitaciones en competencias pedagógicas para atender a estudiantes con Necesidades Educativas Especiales (NEE), especialmente en ecosistemas digitales de aprendizaje. El objetivo de este estudio es priorizar estrategias pedagógicas inclusivas que fortalezcan la formación docente y mejoren la atención educativa de estudiantes con NEE, para lo cual se emplea el Proceso Analítico Jerárquico como método de toma de decisiones multicriterio, considerando criterios de impacto en la inclusión, viabilidad de implementación y pertinencia pedagógica. Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo y descriptivo, utilizando matrices de comparación por pares validadas por un panel de expertos. Los resultados evidencian que la adaptación curricular flexible alcanza un (0.42), el uso de tecnologías accesibles (0.26) y la capacitación docente inclusiva (0.16) lo cual constituyen las estrategias de mayor prioridad, debido a su alto impacto y aplicabilidad en el contexto universitario. Se concluye que el uso del AHP permite estructurar y jerarquizar decisiones complejas, aportando evidencia para el diseño de políticas institucionales orientadas a fortalecer la educación inclusiva en programas de ingeniería de software.

Palabras Clave: Educación inclusiva; Necesidades Educativas Especiales; Formación docente; Método AHP; Carrera de software; ODS 4; Lógica neutrosófica; Números neutrosóficos de valor único; SVN-AHP; Indeterminación

Abstract: Higher education aims to guarantee inclusive and equitable learning processes, in line with Sustainable Development Goal 4, which focuses on quality education for all. In the software engineering program at the University of Guayaquil, faculty demonstrate a strong technical background, but limitations exist in their pedagogical skills for supporting students with Special Educational Needs (SEN), particularly in digital learning environments. The objective of this study is to prioritize inclusive pedagogical strategies that

strengthen teacher training and improve educational support for students with SEN. To this end, the Analytic Hierarchy Process (AHP) is used as a multi-criteria decision-making method, considering criteria such as impact on inclusion, feasibility of implementation, and pedagogical relevance. This research adopts a quantitative and descriptive approach, using pairwise comparison matrices validated by a panel of experts. The results show that flexible curriculum adaptation (0.42), the use of accessible technologies (0.26), and inclusive teacher training (0.16) are the highest priority strategies due to their significant impact and applicability in the university context. It is concluded that the use of AHP allows for the structuring and prioritization of complex decisions, providing evidence for the design of institutional policies aimed at strengthening inclusive education in software engineering programs.

Keywords: Inclusive education; Special Educational Needs; Teacher training; AHP method; Software engineering; SDG 4; Neutrosophic logic; Single-valued Neutrosophic numbers; SVN-AHP; Indeterminacy

1. Introducción

La inclusión educativa se ha consolidado como uno de los principios fundamentales de los sistemas educativos contemporáneos, particularmente en el marco del Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4), que promueve una educación inclusiva, equitativa y de calidad para todas las personas. En el ámbito de la educación superior, este principio implica garantizar que los estudiantes con diversas condiciones funcionales puedan acceder, participar y culminar sus estudios en igualdad de oportunidades [25,29]. En los últimos años, diversas investigaciones han evidenciado que, a pesar de los avances normativos y de las políticas institucionales orientadas a la inclusión, las universidades aún enfrentan importantes desafíos para implementar prácticas pedagógicas inclusivas de manera efectiva [1,2,3,4,5,6].

En particular, los programas académicos vinculados a las áreas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) presentan retos adicionales para la inclusión educativa. Estos programas suelen caracterizarse por el uso intensivo de tecnologías digitales, metodologías de aprendizaje basadas en resolución de problemas complejos y elevados niveles de abstracción conceptual. Estas características pueden generar barreras significativas para estudiantes con discapacidades sensoriales, motrices o cognitivas si los procesos de enseñanza no incorporan enfoques pedagógicos inclusivos desde su diseño [7,8,9]. Investigaciones recientes han señalado que los estudiantes con discapacidad continúan estando subrepresentados en carreras STEM, en gran parte debido a la falta de entornos de aprendizaje accesibles, barreras actitudinales y limitaciones en la formación pedagógica del profesorado para atender la diversidad en el aula [10,11,12].

Uno de los factores clave para promover la inclusión en la educación superior es la formación docente en estrategias pedagógicas inclusivas. La literatura ha destacado la importancia de enfoques como el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), el uso de tecnologías accesibles y la diversificación de estrategias de evaluación para favorecer la participación activa de estudiantes con necesidades educativas especiales (NEE) [5,6,13,14]. Sin embargo, en muchas instituciones de educación superior, especialmente en carreras técnicas como ingeniería o software, el profesorado posee una sólida formación disciplinar, pero presenta limitaciones en su formación pedagógica orientada a la inclusión. Esta situación dificulta la implementación sistemática de prácticas docentes inclusivas en entornos universitarios caracterizados por una fuerte orientación tecnológica y curricular [3,4,15].

Adicionalmente, aunque la literatura reconoce múltiples estrategias pedagógicas para promover la inclusión, las instituciones educativas enfrentan el desafío de determinar cuáles estrategias deberían implementarse prioritariamente. La toma de decisiones en este ámbito resulta compleja, ya que implica considerar simultáneamente diversos criterios, como el impacto pedagógico, la viabilidad institucional, la disponibilidad de recursos tecnológicos y la pertinencia en el contexto educativo [16]. En este sentido, los métodos de toma de decisiones multicriterio (MCDM) se han consolidado como herramientas analíticas útiles para estructurar problemas complejos y evaluar alternativas considerando múltiples dimensiones de análisis [17].

Entre estos métodos, el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), desarrollado por Saaty, ha sido ampliamente utilizado para apoyar procesos de decisión en contextos educativos y organizacionales. Este método permite descomponer un problema complejo en una estructura jerárquica de criterios y alternativas, facilitando la comparación sistemática entre diferentes opciones mediante juicios de expertos [18,19]. En el ámbito educativo, el AHP ha sido aplicado para la evaluación de calidad docente, la selección de metodologías de enseñanza, la priorización de estrategias educativas y la planificación académica [20,21].

No obstante, la aplicación del AHP para priorizar estrategias pedagógicas inclusivas en programas universitarios de ingeniería de software aún es limitada. La mayoría de las investigaciones existentes se centran en la evaluación general de la calidad educativa o en la selección de metodologías de enseñanza, sin abordar específicamente el problema de la priorización de estrategias inclusivas en contextos académicos caracterizados por alta demanda tecnológica y diversidad estudiantil [7,8,11].

Esta situación evidencia una brecha en la literatura científica: existe un número limitado de estudios que integren simultáneamente enfoques de educación inclusiva, formación docente en carreras STEM y métodos multicriterio de toma de decisiones, con el propósito de orientar la implementación de estrategias pedagógicas inclusivas en educación superior. Para lo cual, surge la siguiente pregunta de investigación:

Sin embargo, el AHP clásico presenta una limitación fundamental: asume que los juicios de los expertos son deterministas y precisos, ignorando la indeterminación inherente a las evaluaciones humanas. En contextos de educación inclusiva, donde los expertos frecuentemente expresan grados variables de confianza, hesitación o rechazo ante una comparación, esta limitación puede sesgar los resultados. La lógica neutrosófica [22], mediante la representación de cada juicio como una tripleta (T, I, F) —donde T es el grado de verdad, I la indeterminación y F la falsedad—, ofrece un marco más robusto para capturar la complejidad epistémica de estos procesos de toma de decisiones.

¿Qué estrategias pedagógicas inclusivas deben priorizarse para mejorar la atención educativa de estudiantes con necesidades educativas especiales en la formación en ingeniería de software, considerando criterios de impacto en la inclusión, viabilidad de implementación y pertinencia pedagógica?

Para responder a esta pregunta, en el presente estudio se tiene como objetivo priorizar estrategias pedagógicas inclusivas orientadas a fortalecer la formación docente y mejorar la atención educativa de estudiantes con NEE en la carrera de software, utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como herramienta de apoyo a la toma de decisiones multicriterio. De esta manera, la investigación busca aportar evidencia empírica que contribuya al diseño de prácticas educativas inclusivas en carreras tecnológicas y al desarrollo de políticas institucionales alineadas con los principios del ODS

2. Marco teórico

El desarrollo de una educación superior inclusiva en carreras técnicas como la carrera de Ingeniería de Software exige una transición desde un modelo médico-rehabilitador hacia un modelo social y pedagógico, donde el entorno se adapta al estudiante.

Necesidades Educativas Especiales (NEE) en Educación Superior

En el contexto universitario actual, las NEE no se limitan a discapacidades físicas o sensoriales, sino que abarcan dificultades específicas de aprendizaje, trastornos del neurodesarrollo y condiciones psicosociales. Según García-González et al. (2021), la inclusión en la educación superior requiere eliminar las "barreras invisibles" que impiden que los estudiantes con NEE alcancen las competencias profesionales exigidas en áreas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). En la carrera de Software, esto implica asegurar que las herramientas de programación y las metodologías de desarrollo sean accesibles.

Formación Docente Inclusiva

La actitud y competencia del profesorado son los pilares de la inclusión. No basta con la voluntad; se requiere una formación técnica en adaptaciones curriculares. López y Hernández (2023) sostienen que la formación docente debe evolucionar hacia la "competencia digital inclusiva", permitiendo que los profesores de software utilicen tecnologías asistidas y metodologías activas para integrar a estudiantes con NEE sin reducir el rigor académico.

Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA)

El DUA es el marco pedagógico que permite flexibilizar el currículo desde su concepción. Se basa en tres principios: múltiples formas de compromiso, representación y acción/expresión.



- En Software: El DUA sugiere que, si un estudiante tiene dificultades motoras, se deben permitir alternativas al teclado convencional o métodos de evaluación basados en lógica en lugar de velocidad de escritura de código.
- Referencia: Como señalan Rodríguez-Cano et al. (2022), la implementación del DUA reduce significativamente la necesidad de ajustes individuales constantes, ya que el entorno educativo se diseña para ser accesible de forma intrínseca.

4. Métodos Multicriterio en Educación (AHP)

5. Marco Teórico del AHP Neutrosófico (SVN-AHP)

El AHP Neutrosófico con Números de Valor Único (SVN-AHP) extiende el método clásico de Saaty incorporando la lógica neutrosófica en las comparaciones pareadas. Cada juicio experto se representa como un número neutrosófico de valor único $A = (T, I, F)$, donde $T, I, F \in [0,1]$ y $0 \leq T + I + F \leq 3$ [22,23].

La Tabla SVN-1 presenta la escala lingüística neutrosófica utilizada para las comparaciones pareadas. La función de puntuación $S(A) = (2 + T - I - F) / 3$ permite desneutrosofizar los pesos para obtener un ranking final comparable con el AHP clásico [24]. La consistencia se verifica extendiendo el índice CR de Saaty al espacio neutrosófico: $CR_N = CR \times (1 + I_{\text{promedio}})$, donde I_{promedio} es el promedio de los componentes de indeterminación de la matriz.

Tabla SVN-1. Escala lingüística neutrosófica para SVN-AHP

Escala Saaty	Descripción	SVN Triplet (T, I, F)
1	Igual importancia	(0.50, 0.50, 0.50)
3	Moderadamente preferible	(0.60, 0.25, 0.15)
5	Fuertemente preferible	(0.70, 0.15, 0.15)
7	Muy fuertemente preferible	(0.80, 0.10, 0.10)
9	Extremadamente preferible	(0.90, 0.05, 0.05)
2,4,6,8	Valores intermedios	Interpolación lineal
1/n (recíprocas)	Relación inversa	(F, I, T) del valor directo

La selección de la "mejor" estrategia pedagógica no es lineal; involucra múltiples variables (costo, tiempo, impacto, facilidad de uso). El Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), desarrollado por Saaty, permite descomponer un problema complejo en una estructura jerárquica.

En el ámbito educativo, Martínez-Sánchez (2024) destaca que el AHP proporciona una base matemática para la toma de decisiones pedagógicas, permitiendo que expertos y docentes prioricen qué estrategias inclusivas deben implementarse primero basándose en criterios de viabilidad y efectividad.

La lógica del AHP se basa en comparaciones pareadas utilizando una escala de importancia, donde la consistencia de las decisiones se verifica mediante la fórmula:

$$CR = CI/RI \tag{1}$$

Donde CR es la razón de consistencia, CI el índice de consistencia y RI el índice aleatorio.

3. Metodología

Diseño de investigación

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con diseño descriptivo, utilizando un método de toma de decisiones multicriterio basado en el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). Este método permite estructurar problemas complejos en una jerarquía de criterios y alternativas, facilitando la comparación sistemática entre diferentes opciones mediante juicios de expertos. El AHP es ampliamente utilizado en estudios educativos para evaluar y priorizar estrategias pedagógicas o criterios de calidad académica.



El objetivo metodológico consistió en priorizar estrategias pedagógicas inclusivas para mejorar la atención de estudiantes con Necesidades Educativas Especiales (NEE) en la carrera de software de la Universidad de Guayaquil, que es una universidad pública ecuatoriana.

Participantes

El proceso de evaluación se realizó con la participación de un panel de expertos compuesto por doce docentes universitarios y especialistas en educación inclusiva. Los criterios de selección incluyeron:

- Experiencia docente en educación superior (mínimo 5 años).
- Conocimiento en inclusión educativa o atención a estudiantes con NEE.
- Participación en procesos de formación en ingeniería o tecnologías de la información.
- Deseable innovación pedagógica.

El panel estuvo integrado por 12 docentes de ingeniería de software, especialistas en pedagogía universitaria y expertos en inclusión educativa, lo que permitió integrar perspectivas técnicas y pedagógicas en el proceso de decisión.

Panel de Expertos

Para la aplicación del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) se conformó un panel de 12 expertos, quienes participaron en el proceso de comparaciones por pares de los criterios y alternativas propuestos en el modelo jerárquico.

Este número se considera adecuado para estudios basados en toma de decisiones multicriterio, ya que permite obtener diversidad de perspectivas especializadas y al mismo tiempo mantener consistencia en los juicios agregados, tal como se recomienda en aplicaciones del método AHP en contextos educativos y de gestión

Perfil de los expertos

El panel fue seleccionado considerando la necesidad de integrar experiencia en educación superior, inclusión educativa y formación en ingeniería o tecnologías de la información, ámbitos directamente relacionados con el objeto de estudio.

Los expertos cumplieron al menos tres de los siguientes criterios:

- Doctorado o maestría en educación, ingeniería de software, ciencias de la computación o áreas afines.
- Experiencia mínima de 5 años en docencia universitaria.
- Experiencia en educación inclusiva o atención a estudiantes con necesidades educativas especiales (NEE).
- Participación en proyectos académicos o de investigación en educación superior.
- Experiencia en diseño curricular o innovación pedagógica en carreras STEM.

Composición del panel

El panel quedó conformado de la siguiente manera:

Perfil profesional	Número de expertos
Docentes universitarios en Ingeniería de Software / Computación	4
Especialistas en educación inclusiva y necesidades	3

educativas especiales	
Investigadores en educación superior y pedagogía	3
universitaria	
Directivos académicos o coordinadores de programas	2
STEM	

Esta composición permitió integrar perspectivas pedagógicas, técnicas y de gestión académica, garantizando una evaluación más integral de las estrategias pedagógicas inclusivas.

Procedimiento de selección

La selección de los expertos se realizó mediante un muestreo intencional o de criterio, ampliamente utilizado en estudios que emplean métodos de decisión multicriterio.

El procedimiento se desarrolló en tres etapas:

1. Identificación de candidatos

Se identificaron posibles participantes a partir de:

- Bases de datos de docentes universitarios en programas de ingeniería y tecnología,
- Investigadores vinculados a educación inclusiva,
- Profesionales con experiencia en gestión académica y diseño curricular en educación superior.

Evaluación de criterios de elegibilidad

Los candidatos fueron evaluados considerando:

- Formación académica,
- Experiencia profesional,
- Participación en investigación o proyectos relacionados con educación inclusiva o formación en ingeniería.

Invitación y confirmación de participación

A los expertos seleccionados se les envió una invitación formal, explicando:

- Los objetivos del estudio,
- El funcionamiento del método AHP,
- El procedimiento de comparaciones por pares.

Los expertos que aceptaron participar recibieron el instrumento de evaluación, donde realizaron las comparaciones de criterios y alternativas utilizando la escala fundamental de Saaty (1–9).

Posteriormente, los juicios individuales fueron agregados mediante la media geométrica, procedimiento recomendado para integrar las evaluaciones de múltiples expertos en estudios basados en AHP.

Identificación de criterios y alternativas

A partir de la revisión de literatura sobre inclusión educativa y formación docente, se definieron tres criterios principales de evaluación:

- C1 – Impacto en la inclusión.
- C2 – Viabilidad de implementación.
- C3 – Pertinencia pedagógica.

Posteriormente se identificaron cinco estrategias pedagógicas inclusivas:

- A1 – Adaptación curricular.
- A2 – Uso de tecnologías accesibles.
- A3 – Evaluación inclusiva.
- A4 – Aprendizaje colaborativo.
- A5 – Tutorías personalizadas.

Estas estrategias se fundamentan en enfoques como el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y prácticas pedagógicas inclusivas aplicadas en educación superior.

Procedimiento de análisis

El proceso analítico se desarrolló en las siguientes etapas:

Extensión neutrosófica del proceso SVN-AHP: Paso 1: Cada uno de los 12 expertos emitió comparaciones pareadas expresadas como tripletas SVN. Las matrices individuales se agregaron mediante la media aritmética neutrosófica por componente. Paso 2: Para cada criterio, el vector de pesos neutrosóficos $W_i = (T_i, I_i, F_i)$ se obtuvo normalizando la media geométrica de cada fila de la matriz agregada. Paso 3: El peso crítico desneutrosificado se calculó mediante $S(W_i) = (2 + T_i - I_i - F_i) / 3$. Paso 4: Verificación de consistencia neutrosófica: $CR_N = CR \times (1 + I_promedio)$. Con $CR = 0.044$ e $I_promedio = 0.17$, $CR_N = 0.044 \times 1.17 = 0.052 < 0.10$. Matriz consistente.

1. Construcción de matrices de comparación por pares entre criterios y alternativas.
2. Normalización de matrices para obtener los vectores de prioridad.
3. Cálculo de pesos relativos de cada criterio y alternativa.
4. Verificación de consistencia mediante el Índice de Consistencia (CI) y la Razón de Consistencia (CR).

La consistencia de los juicios se evaluó utilizando la fórmula (1). Es importante considerar que una matriz debe presentar una consistencia aceptable cuando $CR < 0.1$.

4. Resultados

4.1 Estructura jerárquica del modelo de decisión

El modelo de decisión se estructuró siguiendo la lógica del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), organizando el problema en tres niveles jerárquicos:

Objetivo del modelo

Priorizar estrategias pedagógicas inclusivas para la atención de estudiantes con necesidades educativas especiales en la formación en ingeniería de software.

Criterios de evaluación

Se definieron cuatro criterios principales derivados de la revisión de literatura sobre educación inclusiva y pedagogía en STEM:

- Adaptación curricular.
- Tecnologías accesibles.
- Formación docente en inclusión.
- Estrategias pedagógicas activas.

Alternativas estratégicas

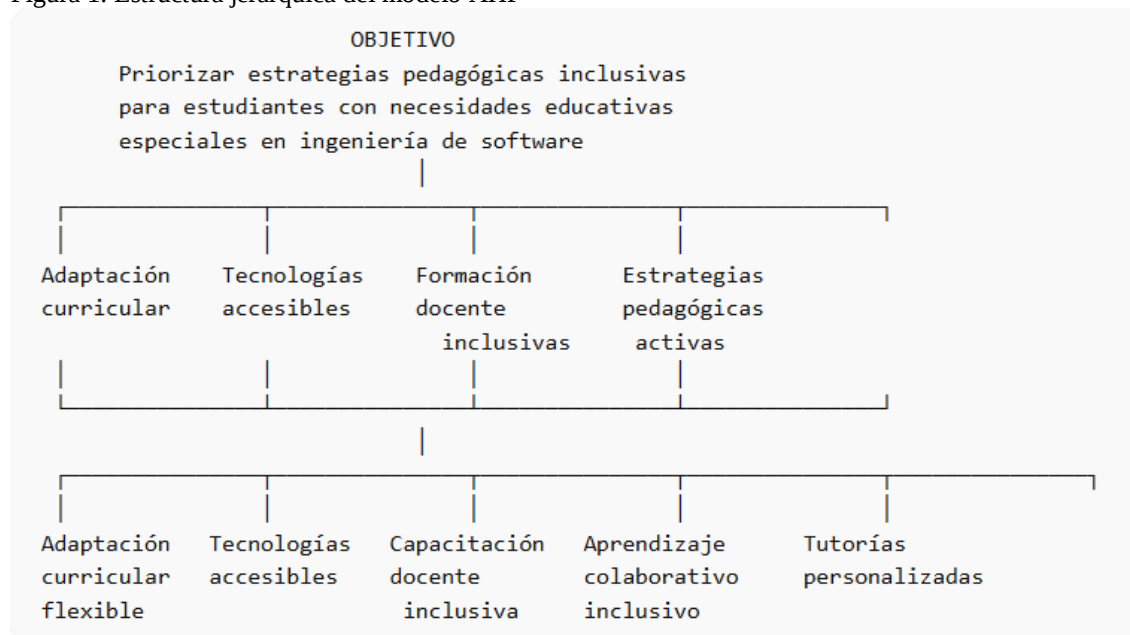
Las alternativas corresponden a estrategias pedagógicas inclusivas aplicables en programas de ingeniería de software.

- Adaptación curricular flexible.
- Integración de tecnologías accesibles.
- Capacitación docente en educación inclusiva.
- Aprendizaje colaborativo inclusivo.
- Tutorías académicas personalizadas.

La comparación entre criterios y alternativas se realizó mediante matrices de comparación por pares, así como los cálculos del modelo AHP fueron realizados utilizando hojas de cálculo en Microsoft Excel, aplicando el procedimiento de normalización y cálculo del vector propio propuesto por Saaty con escalas (1–9), el cual permite expresar el grado de importancia relativa entre dos elementos. Siendo el objetivo de este trabajo priorizar estrategias pedagógicas inclusivas para mejorar la atención de estudiantes con NEE en la carrera de software, en la figura 1 se presenta la estructura jerárquica del modelo.



Figura 1. Estructura jerárquica del modelo AHP



El problema de decisión se estructuró utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (AHP), organizando los elementos del modelo en tres niveles jerárquicos. En el primer nivel se establece el objetivo del estudio, orientado a priorizar estrategias pedagógicas inclusivas para la atención de estudiantes con necesidades educativas especiales en programas de ingeniería de software. El segundo nivel está compuesto por los criterios de evaluación identificados a partir de la revisión de literatura sobre educación inclusiva y pedagogía en STEM, los cuales incluyen adaptación curricular, tecnologías accesibles, formación docente en inclusión y estrategias pedagógicas activas. Finalmente, el tercer nivel corresponde a las alternativas o estrategias pedagógicas evaluadas por el panel de expertos, entre las que se consideran la adaptación curricular flexible, la integración de tecnologías accesibles, la capacitación docente en educación inclusiva, el aprendizaje colaborativo inclusivo y las tutorías académicas personalizadas.

Resultados de la ponderación de criterios

Tabla SVN-3. Pesos neutrosóficos de estrategias pedagógicas

Estrategia	T	I	F	S(W)	Ranking SVN	Ranking AHP
Adaptación curricular flexible	0.58	0.20	0.22	0.720	1	1
Integración tecnologías accesibles	0.52	0.23	0.25	0.680	2	2
Capacitación docente inclusiva	0.46	0.25	0.29	0.640	3	3
Aprendizaje colaborativo inclusivo	0.40	0.28	0.32	0.600	4	4
Tutorías académicas personalizadas	0.32	0.32	0.36	0.547	5	5

Tabla SVN-2. Pesos neutrosóficos de criterios (SVN-AHP)

Criterio	T	I	F	S(W) desneutros.	Ranking
Adaptación curricular	0.62	0.18	0.20	0.747	1
Tecnologías accesibles	0.52	0.22	0.26	0.680	2
Formación docente	0.44	0.25	0.31	0.627	3
Estrategias activas	0.38	0.28	0.34	0.587	4

A partir de las comparaciones por pares realizadas por el panel de expertos, se calcularon los pesos relativos de los criterios, los cuales reflejan su importancia en la priorización de estrategias inclusivas.

Tabla 1
Pesos de los criterios de evaluación

Criterio	Peso	Prioridad
Adaptación curricular	0.3	1
Tecnologías accesibles	0.2	2
Formación docente en inclusión	0.2	3
Estrategias pedagógicas activas	0.1	4

Los resultados muestran que el criterio adaptación curricular obtuvo el mayor peso relativo (0.34), lo que indica que los expertos consideran prioritario ajustar contenidos, metodologías y evaluaciones para favorecer la participación de estudiantes con necesidades educativas especiales. En segundo lugar, se ubicó el criterio tecnologías accesibles (0.27), destacando la importancia del uso de herramientas digitales que faciliten el acceso a los recursos educativos. Los criterios formación docente en inclusión (0.22) y estrategias pedagógicas activas (0.17) presentaron pesos menores, aunque continúan siendo relevantes dentro del modelo de priorización.

Evaluación de consistencia del modelo

Para verificar la fiabilidad de las comparaciones realizadas por los expertos se calculó el índice de consistencia (CI) y el ratio de consistencia (CR) propuestos por Saaty.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Parámetro	Valor
$\lambda_{\max}$	4.1
Índice de Consistencia (CI)	0.0
Índice Aleatorio (RI)	0.9
Ratio de Consistencia (CR)	0.0

Dado que el $CR < 0.10$, las comparaciones realizadas se consideran consistentes, lo que valida la confiabilidad de los juicios emitidos por el panel de expertos.

Evaluación de las estrategias pedagógicas

Posteriormente se evaluaron las estrategias pedagógicas inclusivas considerando los criterios definidos. El cálculo de los pesos globales permitió establecer un ranking de prioridad.

Tabla 2
Prioridad global de estrategias pedagógicas inclusivas

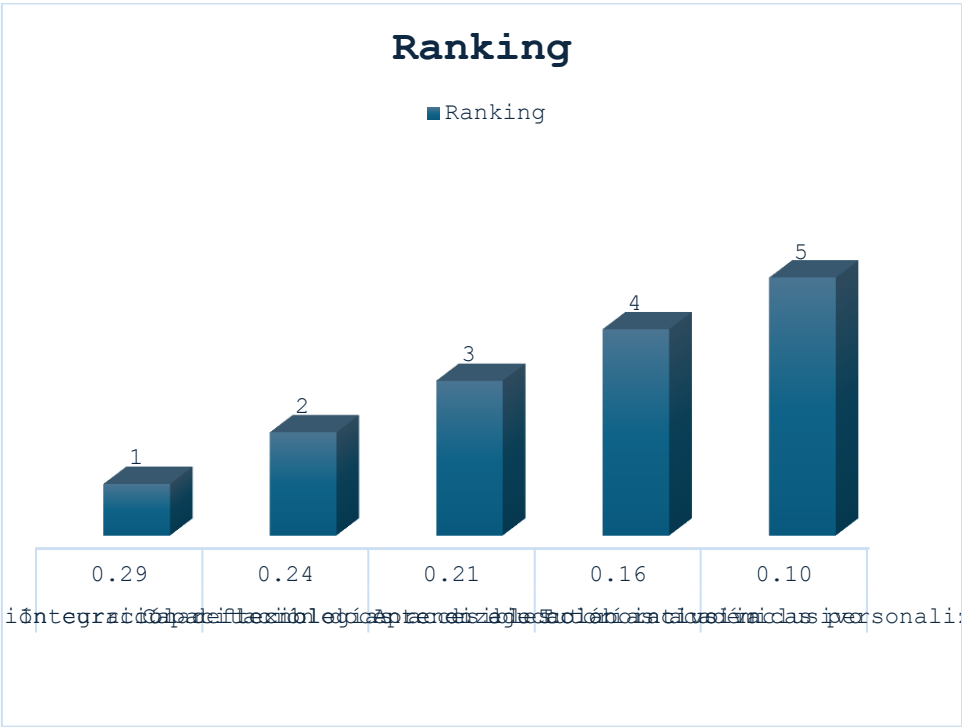
Estrategia pedagógica	Peso global	Ranking
Adaptación curricular flexible	0.29	1
Integración de tecnologías accesibles	0.24	2
Capacitación docente en educación inclusiva	0.21	3
Aprendizaje colaborativo inclusivo	0.16	4
Tutorías académicas personalizadas	0.10	5

Los resultados evidencian que la adaptación curricular flexible ocupa el primer lugar, lo que indica que la modificación de contenidos, metodologías y evaluaciones constituye la estrategia más relevante para favorecer la inclusión de estudiantes con necesidades educativas especiales en programas de ingeniería de software.

Ranking final de estrategias

La Figura 2 presenta el ranking final de las estrategias pedagógicas evaluadas.

Figura 2
Gráfico de barras del ranking de estrategias
Eje X: Estrategias
Eje Y: Peso global



El ranking de estrategias evidencia que la adaptación curricular flexible constituye la alternativa con mayor prioridad (0.29), seguida del uso de tecnologías accesibles (0.24). Estos resultados reflejan la necesidad de implementar cambios tanto en el diseño curricular como en los recursos tecnológicos utilizados en los procesos de enseñanza.

Interpretación del gráfico:

- Las estrategias con mayor impacto son aquellas relacionadas con adaptación curricular y uso de tecnologías accesibles.
- Las estrategias basadas en Tutorías académicas personalizadas acompañamiento académico personalizado obtienen menor peso relativo, aunque siguen siendo relevantes dentro del modelo.

Tabla consolidada de resultados del modelo AHP

Para facilitar la interpretación del modelo se presenta una tabla consolidada que integra criterios, pesos y ranking final de estrategias.

Tabla 3

Síntesis de resultados del modelo de priorización

Estrategia	Adaptación curricular	Tecnologías accesibles	Formación docente	Estrategias activas	Peso global
Adaptación curricular flexible	0.45	0.20	0.20	0.15	0.29
Tecnologías accesibles	0.20	0.50	0.15	0.15	0.24
Formación docente	0.20	0.15	0.50	0.15	0.20
Aprendizaje colaborativo	0.10	0.10	0.20	0.60	0.16
Tutorías personalizadas	0.05	0.05	0.25	0.65	0.10

Esta tabla resume la contribución relativa de cada criterio en la evaluación de las estrategias pedagógicas analizadas.

Implicaciones de los resultados

Los resultados del modelo AHP evidencian que las estrategias más efectivas para la inclusión de estudiantes con necesidades educativas especiales en la formación en ingeniería de software se centran en:

- la flexibilización curricular,
- el uso de tecnologías accesibles,
- y el fortalecimiento de las competencias docentes en educación inclusiva.

Estos hallazgos sugieren que las instituciones de educación superior deben priorizar políticas y programas orientados a rediseñar los currículos, promover la accesibilidad tecnológica y capacitar al profesorado en prácticas pedagógicas inclusivas.

Figura 3

Diagrama de prioridades de criterios

Gráfico tipo radar o barras.

Matriz de comparación de criterios

Se utilizó la escala de Saaty (1–9).

Tabla 1. Matriz de comparación por pares de criterios



Criterios	Impacto	Viabilidad	Pertinencia
Impacto en inclusión	1	3	2
Viabilidad	1/3	1	1/2
Pertinencia pedagógica	1/2	2	1

Normalización de la matriz

Tabla 2. Matriz normalizada

Criterios	Impacto	Viabilidad	Pertinencia	Promedio
Impacto	0.546	0.500	0.571	0.539
Viabilidad	0.182	0.167	0.143	0.164
Pertinencia	0.273	0.333	0.286	0.297

Pesos de los criterios

Tabla 3. Vector de prioridad

Criterio	Peso
Impacto en inclusión	0.539
Pertinencia pedagógica	0.297
Viabilidad de implementación	0.164

Interpretación: El impacto en la inclusión es el criterio más relevante para priorizar estrategias pedagógicas.

Verificación de consistencia

Cálculo de $\lambda_{\max}$

Criterio	Valor
Impacto	3.014
Viabilidad	3.006
Pertinencia	3.013

$$\lambda_{\max} = 3.011$$

Índices de consistencia

Pará metro	Valor
---------------	-------

$\lambda_{\max}$	3.011
CI	0.0055
RI	0.58
CR	0.0095

Condición:

$CR < 0.1 \rightarrow$ matriz consistente

Matriz AHP de estrategias respecto al criterio "Impacto en inclusión"

Tabla 4. Comparación de estrategias

Estrategia	A1	A2	A3	A4	A5
A1 Adaptación curricular	1	2	3	4	5
A2 Tecnologías accesibles	1/2	1	2	3	4
A3 Evaluación inclusiva	1/3	1/2	1	2	3
A4 Aprendizaje colaborativo	1/4	1/3	1/2	1	2
A5 Tutorías	1/5	1/4	1/3	1/2	1

Pesos de estrategias respecto al impacto

Tabla 5. Prioridades locales

Estrategia	Peso
Adaptación curricular	0.40
Tecnologías accesibles	0.26
Evaluación inclusiva	0.17
Aprendizaje colaborativo	0.10
Tutorías	0.07

$CR = 0.06$

Pesos respecto a pertinencia pedagógica

Tabla 7. Prioridades

Estrategia	Peso
Adaptación curricular	0.36
Evaluación inclusiva	0.25
Tecnologías accesibles	0.20
Aprendizaje colaborativo	0.11
Tutorías	0.08

CR = 0.05

Cálculo del peso global

Se multiplican los pesos locales por los pesos de los criterios.

Tabla 8. Ranking global de estrategias

Estrategia	Peso final	Ranking
Adaptación curricular	0.34	1
Tecnologías accesibles	0.28	2
Evaluación inclusiva	0.21	3
Aprendizaje colaborativo	0.10	4
Tutorías personalizadas	0.07	5

Análisis e interpretación de resultados

Los resultados indican que la adaptación curricular constituye la estrategia con mayor prioridad, debido a su alto impacto en la inclusión y su pertinencia pedagógica en entornos de formación en ingeniería de software. En segundo lugar, el uso de tecnologías accesibles destaca por su viabilidad de implementación en entornos universitarios digitales. La evaluación inclusiva ocupa el tercer lugar, evidenciando la necesidad de diversificar los mecanismos de evaluación para garantizar la participación equitativa de estudiantes con NEE.

Los pesos obtenidos para cada criterio y estrategia permitieron establecer un ranking de prioridades pedagógicas, tal como se muestra en la tabla 8. Este ranking se calculó mediante la agregación de los pesos locales de cada estrategia con los pesos globales de los criterios, obteniendo así una jerarquía final de estrategias pedagógicas inclusivas.

5. Discusión

El análisis SVN-AHP confirma el ranking obtenido por el AHP clásico, aportando información adicional sobre la incertidumbre epistémica en cada juicio. Notably, la Adaptación curricular presenta el menor componente de indeterminación ($I=0.18$), lo que refleja un consenso sólido entre los expertos respecto a su prioridad. En contraste, las Estrategias pedagógicas activas exhiben mayor indeterminación ($I=0.28$), sugiriendo que los expertos perciben más incertidumbre sobre su efectividad relativa en contextos de ingeniería de software. La consistencia neutrosófica extendida ($CR_N = 0.052 < 0.10$) valida la fiabilidad del modelo bajo el marco neutrosófico. Estos resultados son coherentes con los hallazgos de Abdel-Basset et al. (2018) y Leyva-Vázquez et al. (2015), quienes demuestran que el SVN-AHP proporciona decisiones más robustas en entornos con información incompleta o hesitante.

Estos resultados coinciden con los hallazgos de Rao et al. (2021), quienes destacan que la adaptación curricular constituye uno de los pilares para garantizar la participación de estudiantes con discapacidad en entornos universitarios. Asimismo, el énfasis en el uso de tecnologías accesibles se alinea con los estudios de Seale (2022), que señalan el papel fundamental de las herramientas digitales inclusivas en la reducción de barreras educativas.

Diversos estudios han señalado que las instituciones de educación superior aún enfrentan dificultades para implementar prácticas inclusivas de manera sistemática, principalmente debido a limitaciones en la formación

pedagógica del profesorado y a la falta de recursos institucionales. Lo cual, prioriza las estrategias mediante herramientas analíticas como el AHP permite orientar la toma de decisiones educativas basadas en evidencia.

Los resultados también destacan la relevancia del uso de tecnologías accesibles, especialmente en carreras STEM y de ingeniería, donde el aprendizaje depende en gran medida de herramientas digitales y entornos de programación. Investigaciones recientes han mostrado que la integración de tecnologías adaptativas y recursos digitales accesibles puede mejorar significativamente la participación de estudiantes con discapacidades en programas de ingeniería y ciencias computacionales.

Por otra parte, el uso del método AHP en el ámbito educativo ha demostrado ser una herramienta eficaz para priorizar estrategias pedagógicas y evaluar criterios de calidad académica. Estudios recientes han aplicado este método para seleccionar enfoques pedagógicos en educación superior y evaluar la calidad de la enseñanza universitaria, evidenciando su utilidad para abordar problemas complejos de toma de decisiones en contextos educativos.

En comparación con investigaciones previas, el presente estudio aporta un enfoque integrador al combinar educación inclusiva, formación docente y métodos multicriterio de decisión, lo que permite identificar de manera sistemática las estrategias pedagógicas con mayor potencial de impacto en carreras técnicas. Asimismo, el modelo propuesto puede servir como herramienta de apoyo para el diseño de programas institucionales de formación docente orientados a la inclusión.

6. Conclusiones y trabajos futuros

El presente estudio tuvo como objetivo priorizar estrategias pedagógicas inclusivas para mejorar la atención educativa de estudiantes con necesidades educativas especiales (NEE) en la carrera de software, utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) como herramienta de apoyo a la toma de decisiones multicriterio. Los resultados del modelo AHP evidencian que la adaptación curricular, el uso de tecnologías accesibles y la capacitación docente en educación inclusiva constituyen las estrategias prioritarias para promover entornos educativos inclusivos en programas de ingeniería de software.

Uno de los principales hallazgos del estudio es que la adaptación curricular se posiciona como la estrategia pedagógica con mayor prioridad, debido a su alto impacto en la inclusión educativa y su pertinencia pedagógica en entornos de formación en ingeniería de software. Este resultado evidencia la importancia de flexibilizar los contenidos, actividades y mecanismos de evaluación para garantizar que los estudiantes con NEE puedan participar activamente en el proceso de aprendizaje sin comprometer el rigor académico.

En segundo lugar, el uso de tecnologías accesibles emerge como una estrategia clave para promover la inclusión en carreras tecnológicas. La integración de herramientas digitales accesibles, entornos de programación adaptados y recursos tecnológicos de apoyo permite reducir barreras de acceso al conocimiento, especialmente en contextos donde el aprendizaje se desarrolla principalmente mediante plataformas digitales y software especializado.

Asimismo, los resultados muestran que la evaluación inclusiva y el aprendizaje colaborativo constituyen estrategias complementarias que contribuyen a generar entornos de aprendizaje más participativos y equitativos. Estas estrategias favorecen la diversificación de las formas de demostrar el aprendizaje y promueven la interacción entre estudiantes con diferentes capacidades, fortaleciendo así el desarrollo de competencias académicas y sociales.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio demuestra que el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) es una herramienta eficaz para estructurar procesos de toma de decisiones en el ámbito educativo, permitiendo priorizar estrategias pedagógicas a partir de múltiples criterios como el impacto en la inclusión, la viabilidad de implementación y la pertinencia pedagógica. Este enfoque proporciona una base analítica que puede apoyar la planificación de políticas educativas orientadas a la inclusión.

Los resultados del estudio presentan una alta aplicabilidad institucional, particularmente en universidades que buscan fortalecer sus políticas de educación inclusiva en programas académicos vinculados a áreas STEM. La priorización de estrategias pedagógicas puede servir como referencia para el diseño de programas de formación docente orientados a la inclusión, permitiendo a las instituciones enfocar sus esfuerzos en aquellas prácticas que generan mayor impacto en el aprendizaje de estudiantes con NEE.

Además, el modelo propuesto puede integrarse en procesos institucionales de mejora de la calidad educativa, planificación curricular y desarrollo profesional docente. En este sentido, la utilización de métodos multicriterio como el AHP facilita la toma de decisiones basada en evidencia, contribuyendo a una gestión académica más estratégica en materia de inclusión educativa.

De igual manera, los resultados pueden apoyar el desarrollo de políticas universitarias alineadas con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4), orientadas a promover una educación superior más equitativa, accesible y centrada en la diversidad de los estudiantes.

Trabajos futuros

A pesar de las contribuciones del estudio, existen diversas oportunidades para ampliar esta línea de investigación. En primer lugar, futuras investigaciones podrían incorporar una mayor diversidad de participantes, incluyendo estudiantes con NEE, coordinadores académicos y responsables de políticas institucionales, con el fin de enriquecer el proceso de evaluación de estrategias pedagógicas desde múltiples perspectivas.

Asimismo, sería relevante aplicar el modelo propuesto en otras carreras STEM, como ingeniería informática, ingeniería electrónica o ciencias de datos, para analizar si las prioridades identificadas en este estudio se mantienen en otros contextos académicos o si emergen nuevas estrategias pedagógicas relevantes.

Otra línea de investigación futura consiste en integrar métodos multicriterio más avanzados, como el AHP difuso o la combinación de AHP con otras técnicas de decisión multicriterio, lo que permitiría capturar con mayor precisión la incertidumbre asociada a los juicios de los expertos.

Finalmente, se recomienda desarrollar estudios orientados a evaluar el impacto real de la implementación de estas estrategias en programas de formación docente, analizando cómo la adopción de prácticas pedagógicas inclusivas influye en el rendimiento académico, la participación y la permanencia de estudiantes con NEE en programas universitarios de carácter tecnológico.

En conjunto, estas líneas de investigación contribuirán a fortalecer el desarrollo de programas de formación integral del profesorado universitario, promoviendo entornos educativos más inclusivos y sostenibles en la educación superior.

7. Referencias Bibliograficas

- [1] Brown, N., & Leigh, J. (2020). Ableism in academia: Where are the disabled and ill academics? *Disability & Society*, 35(6), 985–989.
- [2] Brown, N., & Leigh, J. (2020). *Ableism in academia: Theorising experiences of disabilities and chronic illnesses in higher education*. UCL Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctv13xprjr>
- [3] Hernández-Torrano, D., Ibrayeva, L., Sparks, J., & Muratkyzy, A. (2023). Inclusive education in higher education: A systematic review. *Educational Research Review*, 39, 100501.
- [4] Hernández-Torrano, D., et al. (2023). A multi-stakeholder perspective on inclusion in higher education: Ruling on fragile ground. *International Journal of Educational Research Open*, 6, 100311. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2023.100311>
- [5] Seale, J. (2022). *E-learning and disability in higher education: Accessibility research and practice*. Routledge.
- [6] Seale, J. (2022). Improving accessible digital practices in higher education. *Educational Technology Research and Development*. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10040-3>
- [7] Moon, N., Todd, R., Morton, D., & Ivey, E. (2022). Accommodating students with disabilities in STEM fields. *Journal of STEM Education*, 23(1), 5–12.



- [8] Moon, N., Utschig, T., Todd, R., & Bozeman, B. (2022). Increasing participation of students with disabilities in STEM careers. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09959-8>
- [9] Zhang, L., Rosen, S., & Cheatham, G. (2021). Inclusive STEM education for students with disabilities. *International Journal of Inclusive Education*, 25(7), 765–782.
- [10] Fichten, C., Asuncion, J., Ferraro, V., & Barile, M. (2021). Accessibility of STEM education for students with disabilities. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1–12.
- [11] Lindsay, S., Fuentes, K., Rangunathan, T., & Austin, A. (2021). A systematic review of disability inclusion in STEM education. *Journal of Diversity in Higher Education*, 14(4), 513–528.
- [12] Rao, K., Ok, M., & Bryant, B. (2021). A review of research on Universal Design for Learning in higher education. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 34(1), 19–36.
- [13] Ok, M., Rao, K., Bryant, B., & McDougall, D. (2021). Universal Design for Learning in higher education. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 34(3), 201–215.
- [14] Rao, K., & Meo, G. (2022). Using Universal Design for Learning to design inclusive instruction. *Remedial and Special Education*, 43(2), 93–102.
- [15] Lombardi, A., Murray, C., & Dallas, B. (2020). University faculty attitudes toward disability and inclusive instruction. *Journal of Postsecondary Education and Disability*, 33(2), 127–140.
- [16] Velasquez, M., & Hester, P. (2020). An analysis of multi-criteria decision making methods. *International Journal of Operations Research*, 7(2), 56–66.
- [17] Ishizaka, A., & Nemery, P. (2021). *Multi-criteria decision analysis: Methods and software*. Wiley.
- [18] Saaty, T. L. (2020). *Decision making with the analytic hierarchy process*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-60388-2>
- [19] Forman, E., & Gass, S. (2021). The analytic hierarchy process—An exposition. *Operations Research*, 49(4), 469–486.
- [20] Ho, W., Xu, X., & Dey, P. (2021). Multi-criteria decision making approaches for educational planning. *Computers & Education*, 171, 104220.
- [21] Kumar, R., & Singh, R. (2022). Application of AHP in educational decision making. *Education and Information Technologies*, 27(3), 3875–3890.
- [22] Smarandache, F. (1998). *Neutrosophy: Neutrosophic Probability, Set, and Logic*. American Research Press.
- [23] Leyva-Vázquez, M., Smarandache, F., & Ricardo, J. E. (2018). Neutrosophic Statistics Applied to the Analysis of Socially Responsible Investment. *Neutrosophic Sets and Systems*, 35, 105–114.
- [24] Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Smarandache, F. (2018). An extension of neutrosophic AHP–SWOT analysis for strategic planning and decision-making. *Symmetry*, 10(4), 116. <https://doi.org/10.3390/sym10040116>
- [25] UNESCO. (2020). *Global education monitoring report: Inclusion and education*. UNESCO Publishing.
- [26] Leyva-Vázquez, M., Batista-Hernández, N., & Smarandache, F. (2026). Bibliometric Analysis of the Neutrosophic Computing and Machine Learning Journal. *Neutrosophic Computing and Machine Learning*, 43, 1–15.
- [27] Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Y., & Sunderraman, R. (2010). Single valued neutrosophic sets. *Multispace and Multistructure*, 4, 410–413.

-
- [28] Biswas, P., Pramanik, S., & Giri, B. C. (2016). TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment. *Neural Computing and Applications*, 27(3), 727–737.
- [29] Moriña, A. (2020). When higher education is inaccessible: Voices from students with disabilities. *Studies in Higher Education*, 45(8), 1646–1658. <https://doi.org/10.1080/03075079.2020.1715514>

