

# MANEJOS DE NUMEROS NEUTROSOFICOS BASADOS EN EL CONSENSO PARA LA ELECCIÓN DE SERVICIOS DE COMPUTACIÓN EN LA NUBE

Luis Javier Molina Chalacán<sup>1\*</sup>, Andrea Zúñiga Paredes\*, Luis Orlando Albarracín Zambrano\*

\* Universidad Regional Autónoma de los Andes, Quevedo, Los Ríos, Ecuador

## ABSTRACT

Today, cloud computing services are an attractive alternative to use. Various organizations are looking to hire such services. However, there are many services available in the cloud and numerous criteria that must be considered in the selection process. Therefore, the process of selecting cloud services can be considered as a multi-stakeholder type of multi-criteria decision analysis problems. The present research proposes a model for the selection of services in the cloud taking into account the consensus and the use of single value neutrosophic numbers for the representation of indetermination. The proposed model consists of five activities, includes automatic search mechanisms for areas of conflict and recommendations to experts to bring their preferences closer. Finally, an illustrative example that corroborates the applicability of the model is presented.

**KEYWORDS:** Cloud Computing, Analysis of Decisions; Consensus, Neutrosophic numbers

**MSC:** 97M20, 62C86, 62P30

## RESUMEN

En la actualidad los servicios de computación en la nube resultan una alternativa atractiva a utilizar. Diversas organizaciones están buscando contratar dichos servicios. Sin embargo, muchos son los servicios disponibles en la nube y numerosos criterios que se deben considerarse en el proceso de selección. Por lo tanto, el proceso de selección de servicios en la nube se puede considerar como un tipo de problemas de análisis de decisiones de criterios múltiples con múltiples partes interesadas. La presente investigación propone un modelo para la selección de servicios en la nube teniendo en cuenta el consenso y el uso de números neutrosóficos de valor único para la representación de indeterminación. El modelo propuesto se compone de ocho actividades, incluye mecanismos de búsqueda automática para áreas de conflicto y recomendaciones a los expertos para acercar sus preferencias. Finalmente se presenta un ejemplo ilustrativo que corrobora la aplicabilidad del modelo.

**PALABRAS CLAVES:** Cloud Computing Análisis de Decisiones; Consenso; Números Neutrosófico.

## 1. INTRODUCCIÓN

La computación en la nube está experimentando una fuerte adopción en el mercado y se espera que esta tendencia continúe [1]. Producto a la diversidad de proveedores de servicios en la nube, es un desafío muy importante para las organizaciones seleccionar los servicios en la nube apropiados que puedan cumplir sus requisitos, ya que se deben cumplir numerosos criterios en el proceso de selección de servicios en la nube y participan diversos interesados. Por lo tanto, el proceso de selección de servicios en la nube se puede considerar como un tipo de problemas de análisis de decisiones de múltiples expertos con múltiples criterios [2-3]. El presente trabajo propone un modelo de apoyo al tomador de decisiones para evaluar diferentes servicios en la nube. Se proporcionará un análisis de decisión neutrosófico de criterios múltiples que incluye un proceso de consenso. Para demostrar la pertinencia del modelo propuesto se presenta un ejemplo ilustrativo. La neutralidad es una teoría matemática desarrollada por Florentín Smarandache para tratar la indeterminación [4-6]. Ha sido la base para el desarrollo de nuevos métodos para manejar información indeterminada e inconsistente como los conjuntos neutrosóficos y la lógica neutrosófica, especialmente utilizada en los problemas de toma de decisiones [7-8] Debido a la naturaleza imprecisa de las evaluaciones

---

<sup>1</sup>[luismolina@uniandes.edu.ec](mailto:luismolina@uniandes.edu.ec)

lingüísticas, se han desarrollado nuevas técnicas. Los conjuntos neutrosóficos de un solo valor por sus siglas en inglés (*Single valued neutrosophic sets* SVNS) [9] para el manejo de información indeterminada e inconsistente es un enfoque relativamente nuevo. La presente investigación desarrolla un nuevo modelo para la selección del servicio en la nube basado en números neutrosóficos de un solo valor (número SVN) que permite el uso de variables lingüísticas [9-10]. Los sistemas complejos y el proceso de decisión en grupo hacen que sea recomendable desarrollar un proceso de consenso [11-14]. El consenso se define como un estado de acuerdo entre los miembros de un grupo. Un proceso de obtención de consenso es un proceso iterativo que comprende varias rondas en las que los expertos adaptan sus preferencias [13].

Este documento está estructurado de la siguiente manera: la Sección 2 revisa algunos conceptos preliminares sobre el análisis de decisión neutrosófica y el proceso de consenso. En la Sección 3, se presenta un modelo para seleccionar los servicios de computación en la nube basados en números neutrosóficos de valor único y en el proceso de consenso. La sección 4 muestra un ejemplo ilustrativo del modelo propuesto. El documento termina con conclusiones y recomendaciones de trabajo futuros.

## 2. PRELIMINARES

En esta sección, primero proporcionamos una breve revisión del análisis de decisiones de multicriterio neutrosófico, el proceso de consenso y la computación en la nube.

### 2.1. Análisis de decisión multicriterio neutrosófico.

La lógica difusa fue inicialmente propuesta por Zadeh [15], para ayudar a modelar el conocimiento de una manera más natural. La idea básica es la noción de la relación de pertenencia que toma valores de verdad en el intervalo  $[0,1]$  [16].

K. Atanassov [17] introdujo el conjunto difuso intuicionista por sus siglas en inglés (*Intuitionistic fuzzy set* IFS) como un universo con una generalización de los conjuntos difusos. En IFS, además del grado de pertenencia ( $\mu_A(x) \in [0,1]$ ) de cada elemento  $x \in X$  a un conjunto A, se consideró un grado de pertenencia  $\nu_A(x) \in [0,1]$ , tal como se muestra en la ecuación 1:

$$\forall x \in X \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad (1)$$

El conjunto neutrosófico (NS) introdujo el grado de indeterminación (i) como componente independiente [6]. El valor de verdad en el conjunto neutrosófico es el siguiente [18]:

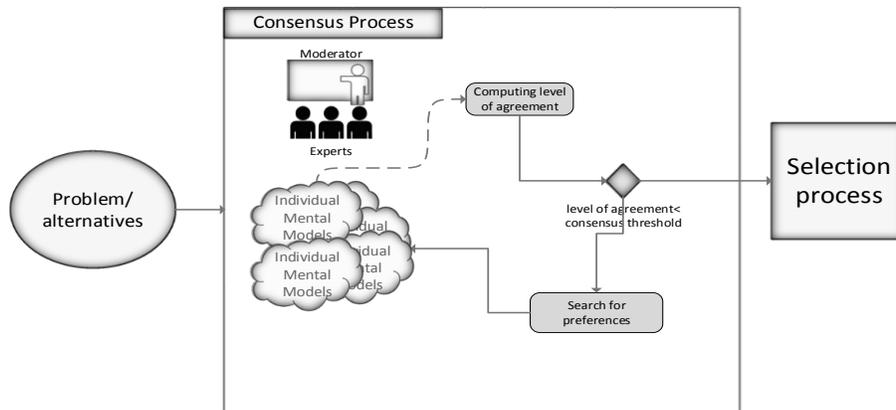
Sea N un conjunto definido como:  $N = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0,1]\}$ , una valoración neutrosófica n es un mapeo del conjunto de fórmulas proposicionales a N, es decir para cada oración p tenemos  $v(p) = (T, I, F)$ .

El conjunto neutrosófico de valor único (SVNS) [9] se desarrolló para facilitar las aplicaciones en el mundo real de los operadores de conjuntos neutrosóficos y teóricos de conjuntos. Un conjunto neutrosófico de valor único es un caso especial de conjunto neutrosófico propuesto como una generalización de conjuntos difusos intuicionistas para tratar información incompleta.

Los números neutrosóficos de valor único (número SVN) se denotan por  $A = (a, b, c)$ , donde  $a, b, c \in [0,1]$  y  $a + b + c \leq 3$  [19]. En los problemas del mundo real, a veces podemos usar términos lingüísticos como "bueno", "malo" para obtener preferencias sobre una alternativa y no podemos usar algunos números para expresar información cualitativa. Algunos modelos clásicos de decisión multicriterio [20] se han adaptado a los neutrosóficos, por ejemplo, AHP [21], TOPSIS [22] y DEMATEL [23].

### 2.2. Proceso para el logro de consenso

El consenso es un área activa de investigación en campos como la toma de decisiones grupales y el aprendizaje [24-25]. Un proceso de alcance constante se define como un proceso dinámico e iterativo compuesto por varias rondas en las que los expertos expresan, discuten y modifican sus opiniones o preferencias [13], [26]. El proceso generalmente es supervisado por un moderador como se muestra en la Figura 1, que ayuda a los expertos a acercar sus preferencias a los demás.



**Figura 1.** Fases del proceso de consenso supervisado por el moderador [26].

Un enfoque frecuente del modelado por consenso implica la agregación de preferencias y el cálculo de las diferencias individuales con ese valor [27]. En cada ronda, el moderador ayuda a acercar las opiniones con discusiones y consejos a expertos para cambiar las preferencias en el caso [12]. Un consenso previo a la toma de decisiones grupales permite la discusión y el cambio de preferencias para ayudar a alcanzar un estado de acuerdo que satisfaga a los expertos. Los puntos de vista consensuales obtenidos de este proceso proporcionan una base estable para la toma de decisiones [26].

## 2.2. Servicios de computación en la nube

La computación en la nube se ha convertido en un paradigma para entregar recursos a pedido como infraestructura, plataforma, software, entre otros, a clientes similares a otros servicios públicos. Tradicionalmente, las pequeñas y medianas empresas (PYMES) tenían que hacer una gran inversión de capital para adquirir infraestructura de software / TI, desarrolladores calificados y administradores de sistemas, lo que se traduce en un alto costo de propiedad. La computación en la nube tiene como objetivo brindar servicios virtuales para que los usuarios puedan acceder a ellos desde cualquier parte del mundo mediante suscripción a costos competitivos para las PYME [28].

Debido a la rápida expansión de la computación en la nube, se han desarrollado muchos servicios en la nube [29]. Por lo tanto, dada la diversidad de ofertas de servicios en la nube, un desafío importante para los clientes es descubrir quiénes son los proveedores de la nube "correctos" que pueden satisfacer sus requisitos. Se deben tener en cuenta numerosos criterios en el proceso de selección de los servicios en la nube y participan varias partes interesadas. En consecuencia, el proceso de selección de servicios en la nube se puede considerar como un tipo de problemas de análisis de decisiones de múltiples expertos con múltiples criterios [2-3].

## 3. PROPUESTA DE MODELO

El objetivo de la presente investigación es desarrollar un modelo para la selección del proveedor de servicios en la nube basado en un proceso de consenso tal como ilustra la Figura 2.

El modelo consta de ocho actividades: Marco de referencia, Recopilación de parámetros, Selección de preferencias, Cálculo del grado de consenso, Control del consenso, Generación del consenso, Clasificación de alternativas y Selección de servicios en la nube.

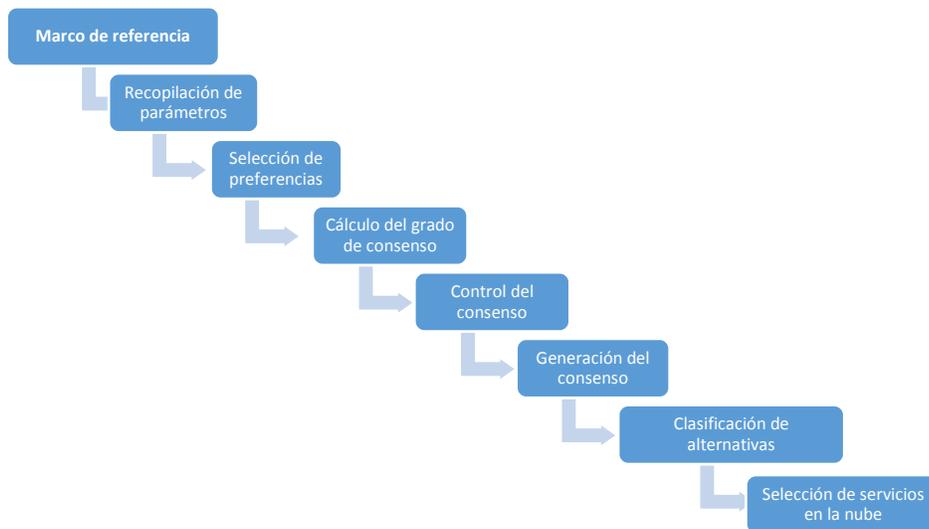
A continuación, se describe con más detalle el método de decisión propuesto, que muestra el funcionamiento de cada fase.

**Actividad 1marco de referencia:** En esta actividad, se define el marco de evaluación para el problema de decisión de la selección de servicios en la nube. El marco se establece de la siguiente manera:

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$  con  $n \geq 2$ , un conjunto de criterios.

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$  con  $k \geq 2$ , un conjunto de expertos.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$  con  $m \geq 2$ , un conjunto finito de tecnologías de información alternativas a los servicios en la nube.



**Figura 2:** Un modelo para la selección de servicios en la nube.

Criterios y expertos podrían agruparse. El conjunto de expertos proporcionará las evaluaciones del problema de decisión. Los principales criterios para la selección del servicio en la nube se resumen visualmente tal como muestra la Figura 3.



**Figura 3.** Criterios de selección del servicio en la nube

**Actividad 2 recopilaciones de parámetros:** Se selecciona la granularidad del término lingüístico. Los parámetros se reúnen para controlar el proceso de consenso: umbral de consenso  $\mu \in [0,1]$  y  $\text{MAXROUNDEN}$  para limitar el número máximo de rondas de discusión. También se recopila el umbral de aceptabilidad  $\varepsilon \geq 0$ , para permitir un margen de aceptabilidad para evitar generar recomendaciones innecesarias.

**Actividad 3 selecciones de preferencias:** para cada experto, su preferencia se recopila utilizando el conjunto de términos lingüísticos elegido.

En esta actividad, cada experto,  $e_k$  proporciona las evaluaciones mediante vectores de evaluación:

$$U^K = (v_i^k, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m) \quad (2)$$

La evaluación  $v_i^k$ , proporcionada por cada experto  $e_k$ , para cada criterio  $c_i$  de cada servicio en la nube alternativa  $x_j$ , se expresa mediante números SVN.

**Actividad 4 cálculos del grado de consenso:** se calcula el grado de convenio colectivo normalizado en un rango de valores  $[0,1]$ .

Para cada par de expertos  $e_k, e_t, (k < t)$ , un vector de similitud [30], [31] vector  $SM_{kt} = (sm_i^{kt})$ ,  $sm_i^{kt} \in [0,1]$ , se calcula:

$$sm_i^{kt} = 1 - \left( \frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \left\{ (|t_i^k - t_i^t|)^2 + (|i_i^k - i_i^t|)^2 + (|f_i^k - f_i^t|)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$(i = 1, 2, \dots, m)$

Se obtiene un vector de consenso  $CM = (cm_i)$  agregándose valores de similitud:

$$cm_i = OAG_1(SIM_i) \quad (4)$$

donde  $OAG_1$  es un operador de agregación,  $SIM_i = \{sm_i^{12}, \dots, sm_i^{1m}, \dots, sm_i^{(m-1)m}\}$  que representa a todos los pares de expertos ' similitudes en su opinión sobre la preferencia entre  $(v_i, v_j)$  y  $cm_i$  es el grado de consenso alcanzado por el grupo en su opinión.

Finalmente, se computa un grado de consenso general:

$$cg = \frac{\sum_{i=1}^n cv_i}{n} \quad (5)$$

**Actividad 5 controle del consenso:** el grado de consenso  $cg$  se compara con el umbral de consenso  $(\mu)$ . Si  $cg \geq \mu$ , el proceso de consenso termina; de lo contrario, el proceso requiere discusión adicional. El número de rondas se compara con el parámetro MAXROUND para limitar el número máximo de rondas de discusión.

**Actividad 6 generaciones del consenso:** cuando  $cg < \mu$ , los expertos deben modificar las relaciones de preferencias para hacer que sus preferencias se cierren entre sí y aumentar el grado de consenso en la siguiente ronda. La generación de consejos comienza a computar las preferencias colectivas  $W^c$ . Este modelo de preferencia colectiva se calcula agregando el vector de referencia de cada experto:

$$w_i^c = OAG_2(v_1^1, \dots, v_i^m) \quad (6)$$

donde  $v \in U$  y  $OAG_2$  es un operador de agregación.

Después de eso, se obtiene un vector de proximidad  $(PP^k)$  entre cada uno de los  $e_k$  expertos y  $W^c$ . Los valores de proximidad,  $pp_{ij}^k \in [0,1]$  se calculan como sigue:

$$pp_i^k = 1 - \left( \frac{1}{3} \sum_{j=1}^n \left\{ (|t_i^k - t_i^c|)^2 + (|i_i^k - i_i^c|)^2 + (|f_i^k - f_i^c|)^2 \right\} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

Posteriormente, se identifican las relaciones de preferencias para cambiar (CC). Se identifica la relación de preferencia entre los criterios  $c_i$  y  $c_j$  con grado de consenso bajo el definido  $(\mu)$ :

$$CC = \{w_i^c | cm_i < \mu\} \quad (8)$$

Después, en función del CC, se identifican aquellos expertos que deberían cambiar de preferencia. Para calcular una proximidad promedio  $pp_i^A$ , las medidas de proximidad son agregadas

$$pp_i^A = OAG_2(pp_i^1, \dots, pp_i^m) \quad (9)$$

donde  $OAG_2$  es un operador de agregación SVN.

Se recomienda a los expertos  $e_k$  cuyas  $pp_i^k < pp_i^A$  modifiquen su relación de preferencia  $w_i^k$ . Finalmente, las reglas de dirección se verifican para sugerir la dirección de los cambios propuestos. Se ha establecido un umbral  $\varepsilon \geq 0$  para evitar generar un número excesivo de consejos innecesarios.

DR 1: Si  $v_i^k - w_i^c < -\varepsilon$  entonces  $e_k$  debería aumentar su valor de la relación de preferencia  $v_i$ .

DR 2: Si  $v_i^k - w_i^c > \varepsilon$  entonces  $e_k$  debería disminuir su valor de la relación de preferencia  $v_i$ .

DR 3: Si  $-\varepsilon \leq v_i^k - w_i^c \leq \varepsilon$  entonces  $e_k$  no debe modificar el valor de la relación de preferencia  $v_i$ .

Los pasos del 3 al 6 se repiten hasta que el consenso alcance el número máximo de rondas.

**Actividad 7 calificaciones de las alternativas:** el objetivo de esta actividad es obtener una evaluación global para cada alternativa. Teniendo en cuenta la fase anterior, se calcula una evaluación para cada alternativa,

utilizando el proceso de resolución seleccionado que permite gestionar la información expresada en el marco de decisión.

En este caso, las alternativas se clasifican según el operador de agregación de promedios ponderados neutrosóficos de un solo valor (SVNWA, por sus siglas en inglés) según lo propuesto por Ye [32] para los SVNS de la siguiente manera [10]:

$$F_w(A_1, A_2, \dots, A_n) = \langle 1 - \prod_{j=1}^n (1 - T_{A_j}(x))^{w_j}, \prod_{j=1}^n (I_{A_j}(x))^{w_j}, \prod_{j=1}^n (F_{A_j}(x))^{w_j} \rangle \quad (10)$$

donde  $W = (w_1, w_1, \dots, w_n)$  es el vector de ponderación de  $A_j (j = 1, 2, \dots, n)$ ,  $w_n \in [0, 1]$  and  $\sum_j^n w_j = 1$ .

**Actividad 8 selecciones de servicios en la nube:** En esta etapa, las alternativas se clasifican y se elige la mejor función de puntuación [33], [16] [33], [16]. De acuerdo con las funciones de puntuación y precisión de los conjuntos SVN, Se puede generar un orden de clasificación del conjunto de alternativas [34]. Seleccionando las opciones con mayor puntuación.

Para ordenar alternativas se usa una función de puntuación [35]:

$$s(V_j) = 2 + T_j - F_j - I_j \quad (11)$$

Adicionalmente se define una función de precisión:

$$a(V_j) = T_j - F_j \quad (12)$$

Y entonces

1. Si  $s(V_j) < s(V_i)$ , entonces  $V_j$  es menor que  $V_i$ , denotado por  $V_j < V_i$
2. Si  $s(V_j) = s(V_i)$ 
  - a. Si  $a(V_j) < a(V_i)$ , entonces  $V_j$  es menor que  $V_i$ , denotado por  $V_j < V_i$
  - b. Si  $a(V_j) = a(V_i)$ , entonces  $V_j$  y  $V_i$  son iguales, denotado por  $V_j = V_i$
1. Si  $s(V_j) < s(V_i)$ , entonces  $V_j$  es menor que  $V_i$ , denotado por  $V_j < V_i$
2. Si  $s(V_j) = s(V_i)$ 
  - a. Si  $a(V_j) < a(V_i)$ , entonces  $V_j$  es menor que  $V_i$ , denotado por  $V_j < V_i$
  - b. Si  $a(V_j) = a(V_i)$ , entonces  $V_j$  y  $V_i$  son iguales, denotados por  $V_j = V_i$

Otra opción es usar la función de puntuación propuesta en [22]:

$$s(V_j) = (1 + T_j - 2F_j - I_j)/2 \quad (13)$$

donde  $s(V_j) \in [-1, 1]$ .

Si  $s(V_j) < s(V_i)$ , entonces  $V_j$  es menor que  $V_i$ , indicado por  $V_j < V_i$

De acuerdo con el método de clasificación de la función de puntuación de conjuntos SVN, se puede generar el orden de clasificación del conjunto de alternativas de servicio en la nube y se puede determinar la mejor alternativa.

#### 4. EJEMPLO ILUSTRATIVO

En este estudio de caso, se pregunta a tres expertos  $E = \{e_1, e_2, e_3\} (n = 3)$  acerca de sus preferencias. Se utiliza un conjunto de términos lingüísticos con cardinalidad nueve (Tabla 1).

Términos lingüísticos	SVNSs
Excelentemente bueno(EG)	(1,0,0)
Muy muy bueno(VVG)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy bueno (VG)	(0.8,0.15,0.20)
Bueno (G)	(0.70,0.25,0.30)
Medio bueno (MG)	(0.60,0.35,0.40)
Medio (M)	(0.50,0.50,0.50)
Medio malo (MB)	(0.40,0.65,0.60)
Malo (B)	(0.30,0.75,0.70)
Muy malo (VB)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy malo (VVB)	(0.10,0.90,0.90)
Extremadamente malo (EB)	(0,1,1)

**Tabla 1.** Términos lingüísticos utilizados para proporcionar las evaluaciones [22].

El alcance del proceso de consenso se define mediante cinco criterios  $C = (c_1, \dots, c_5)$  que se muestran en la Tabla 2.

Nodo	Descripción
A	Responsabilidad
B	Agilidad
C	Garantía
D	Costo
E	Rendimiento
F	Seguridad

**Tabla 2.** Criterios para la selección del servicio en la nube

Los parámetros utilizados en este estudio de caso se muestran en la Tabla 3

Umbral de consenso	$\mu = 0.9$
Número máximo de rondas de discusión	$MAXROND = 10$
Umbral de aceptabilidad	$\varepsilon = 0.15$

**Tabla 3.** Parámetros definidos

Inicialmente, los expertos proporcionan las siguientes preferencias.

	A	B	C	D	E
E1	G	M	B	G	B
E2	VG	VG	M	G	VB
E3	G	G	G	G	VG

**Tabla 4.** Ronda de preferencias 1

#### Primera ronda

Se obtienen vectores de similitud.

$$S^{12} = [0.9, 0.682, 0.782, 1, 0.9]$$

$$S^{13} = [1, 0.782, 0.564, 1, 0.465]$$

$$S^{23} = [0.9, 0.9, 0.782, 1, 0.365]$$

El vector de consenso  $CV = [0.933, 0.676, 0.79, 1, 0.577]$

Finalmente, se computa un grado de consenso general:  $cg = 0.795$

Debido a que  $cg = 0.795 < \mu = 0.9$ , se activa la generación de consejos.

Las preferencias colectivas se calculan utilizando el operador SVNWA, dando en este caso la misma importancia a cada experto  $W^c = [(0.64, 0.246, 0.377), (0.591, 0.303, 0.427), (0.437, 0.492, 0.578), (0.62, 0.287, 0.416), (0.428, 0.495, 0.587)]$

Los vectores de proximidad se calculan  $PP^k$ :

$$PP^1 = [0.944, 0.68, 0.817, 0.916, 0.823]$$

$$PP^2 = [0.852, 0.801, 0.942, 0.916, 0.632]$$

$$PP^3 = [0.944, 0.899, 0.739, 0.916, 0.632]$$

Luego se identifican las preferencias de cambio (CC) (11).

$$CC = \{W_i | cv_i < 0.9\} = \{w_2, w_3, w_5\}$$

La proximidad promedio para este valor se calcula de la siguiente manera:

$$(pp_2^A = 0.793, pp_3^A = 0.833, pp_5^A = 0.696)$$

Los valores de proximidad para cada experto en preferencias  $\{w_2, w_3, w_5\}$  son los siguientes:

$$(pp_2^1 = 0.68, pp_3^1 = 0.817, pp_5^1 = 0.823)$$

$$(pp_2^2 = 0.81, pp_3^2 = 0.942, pp_5^2 = 0.632)$$

$$(pp_2^3 = 0.899, pp_3^3 = 0.739, pp_5^3 = 0.632)$$

Los conjuntos de preferencias a cambiar ( $pp_i^k < pp_i^A$ ) son:

$$\{v_2^1, v_3^1, v_2^2, v_3^2, v_3^3, v_5^3\}$$

De acuerdo con la regla DR1, los expertos están obligados a aumentar las siguientes relaciones:  $\{v_3^1, v_5^2\}$ ,

De acuerdo con la regla DR2, los expertos están obligados a disminuir las siguientes relaciones:  $\{v_3^3, v_5^3\}$ ,

y de acuerdo con la regla DR3, estas relaciones no deben ser cambiadas:  $\{v_2^1\}$ .

### Segunda ronda

De acuerdo con los consejos anteriores, los expertos implementaron cambios y las nuevas preferencias obtenidas

	A	B	C	D	E
E1	G	M	M	G	B
E2	VG	VG	M	G	B
E3	G	G	M	G	B

**Tabla 4.** Preferencias Ronda 2.

Se obtienen nuevamente vectores de similitud:

$$S^{12}=[0.9, 0.682, 1, 1, 1]$$

$$S^{13}=[1, 0.782, 1, 1, 1]$$

$$S^{23}=[0.9, 0.9, 1, 1, 1]$$

El vector de consenso CV = [0.933, 0.676, 1, 1, 1]

Finalmente, se computa un grado de consenso general:  $cg = 0.922$

Debido a que  $cg = 0.93 > \mu = 0.9$ , se alcanza el nivel de consenso deseado.

## 5. CONCLUSIONES

La rápida expansión de la computación en la nube ha provocado el desarrollo de muchos servicios en la nube. Dada la diversidad de las ofertas de servicios en la nube, un desafío importante para los clientes es descubrir quiénes son los proveedores de la nube "correctos" que pueden satisfacer sus requisitos con numerosos criterios que deben considerarse en el proceso de selección y con las diversas partes interesadas involucradas. Por lo tanto, el proceso de selección de servicios en la nube se puede considerar como un tipo de problemas de análisis de decisiones de múltiples expertos con múltiples criterios. Un proceso de consenso permite desarrollar un proceso de decisión de grupo con mayor fiabilidad.

Los conjuntos neutrosóficos y su aplicación a la toma de decisiones de múltiples atributos se han convertido en un tema de gran importancia para los investigadores y los profesionales. La presente investigación obtuvo como resultado un nuevo modelo para selección de servicios en la nube teniendo en cuenta el consenso y el uso de números neutrosóficos de valor único para la representación de indeterminación.

El modelo propuesto se compone de ocho actividades, incluye mecanismos de búsqueda automática para áreas de conflicto y recomendaciones a los expertos para acercar sus preferencias. Este modelo abre el camino al desarrollo y aplicación de modelos de consenso en ambiente neutrosóficos permitiendo aumentar la fiabilidad en las recomendaciones brindadas por los modelos de decisión.

Se aplicó un ejemplo demostrativo para demostrar la aplicabilidad del modelo propuesto.

Los trabajos adicionales se concentrarán en extender el modelo para tratar con información heterogénea y el desarrollo de una herramienta de software. Adicionalmente, se desarrollarán nuevas medidas de consenso basadas en la teoría neutrosófica y su aplicación a la computación con palabras.

**RECEIVED: NOVEMBER, 2019**

**REVISED: FEBRUARY, 2020**

## REFERENCIAS

- [1] ABDEL-BASSET, M. (2018): A hybrid approach of neutrosophic sets and DEMATEL method for developing supplier selection criteria, **Design Automation for Embedded Systems**, 8, 1-22.
- [2] ABDEL-BASSET, M., M. MOHAMED, and F. SMARANDACHE. (2018): An Extension of Neutrosophic AHP–SWOT Analysis for Strategic Planning and Decision-Making. *Symmetry*, 10, 116.
- [3] ABDEL-BASSET, M., MOHAMED, M., and CHANG, V. (2018): NMCDA: A framework for evaluating cloud computing services. **Future Generation Computer Systems**, 86, 12-29.
- [4] ALAVA, M. V., FIGUEROA, S. P. D., ALCIVAR, H. M. B., and VÁZQUEZ, M. L. (2018): Single Valued Neutrosophic Numbers and Analytic Hierarchy Process for Project Selection. **Neutrosophic Sets and Systems**, 21.

- [5] BISWAS, P., PRAMANIK, S., and GIRI, B. C. (2016): TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment. **Neural computing and Applications**, 27, 727-737.
- [6] BRYSON, N., MOBOLURIN, A., and JOSEPH, A. (1997): Generating consensus fuzzy cognitive maps. Paper presented at the Proceedings **Intelligent Information Systems. IIS'97**. 750
- [7] COSTA, P., SANTOS, J. P., and DA SILVA, M. M. (2013): Evaluation criteria for cloud services. Paper presented at the 2013 **IEEE Sixth International Conference on Cloud Computing**.
- [8] DEL MORAL, M. J., CHICLANA, F., TAPIA, J. M., and HERRERA-VIEDMA, E. (2018): A comparative study on consensus measures in group decision making. **International Journal of Intelligent Systems**, 33, 1624-1638.
- [9] DELGADO, C. F. M., VERA, P. J. M., and NORRY ANALIDHIA PINELA MORAN, M. (2016): Las habilidades del marketing como determinantes que sustentaran la competitividad de la Industria del arroz en el cantón Yaguachi: **Infinite Study**.
- [10] DELI, I. (2015): Linear weighted averaging method on SVN-sets and its sensitivity analysis based on multi-attribute decision making problems.
- [11] DIAS, R. B., CHOEZ, W. O., ALCIVAR, I. M., and AGUILAR, W. O. (1974): Neutrosophy for software requirement prioritization. **Neutrosophic Sets and Systems**, 93, 123-146.
- [12] GARG, S. K., VERSTEEG, S., and BUYYA, R. (2013): A framework for ranking of cloud computing services. **Future Generation Computer Systems**, 29, 1012-1023.
- [13] HERRERA-VIEDMA, E., CABRERIZO, F. J., PÉREZ, I. J., COBO, M. J., ALONSO, S., and HERRERA, F. (2011): Applying linguistic OWA operators in consensus models under unbalanced linguistic information. **Recent Developments in the Ordered Weighted Averaging Operators. Theory and Practice**, 167-186, Springer, Berlin.
- [14] IAKOVIDIS, D. K., and PAPAGEORGIOU, E. (2011): Intuitionistic Fuzzy Cognitive Maps for Medical Decision Making. Information Technology in Biomedicine, **IEEE Transactions on**, 15, 100-107. doi: 10.1109/TITB.2010.2093603
- [15] KLIR, G. J., and YUAN, B. (1995): **Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications**. Upper Saddle River, 563, N. York.
- [16] LEYVA, M. (2018): A framework for PEST analysis based on fuzzy decision maps. **ESPACIOS**, 39, 116-129.
- [17] LIU, P., and LI, S. (2017): Some neutrosophic uncertain linguistic number Heronian mean operators and their application to multi-attribute group decision making. **Neural Computing and Applications**, 28, 1079-1093.
- [18] LIU, P., and LI, H. (2017): Multiple attribute decision-making method based on some normal neutrosophic Bonferroni mean operators. **Neural computing and Applications**, 28, 179-194.
- [19] LIU, P., and TENG, F. (2018): Multiple attribute decision making method based on normal neutrosophic generalized weighted power averaging operator. **International Journal of Machine Learning and Cybernetics**, 9, 281-293.
- [20] MA, Y., ZHOU, W., and WAN, Q. (1974): Covering-Based Rough Single Valued Neutrosophic Sets. **Neutrosophic Sets and Systems**, 3.
- [21] MATA, F. (2006): **Modelos para Sistemas de Apoyo al Consenso en Problemas de Toma de Decisión en Grupo definidos en Contextos Lingüísticos Multigranulares**. Doctoral Thesis.
- [22] MATA, F., MARTÍNEZ, L., and HERRERA-VIEDMA, E. (2009): An adaptive consensus support model for group decision-making problems in a multigranular fuzzy linguistic context. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, 17, 279-290.
- [23] MODAL, K., and PRAMANIK, S. (2015): Neutrosophic Tangent Similarity Measure and Its Application to Multiple Attribute Decision Making.
- [24] PÉREZ-TERUEL, K., LEYVA-VÁZQUEZ, M., and ESTRADA-SENTÍ, V. (2015): Mental models consensus process using fuzzy cognitive maps and computing with words. **Ingeniería y Universidad**, 19, 173-188.
- [25] PRAMANIK, S., MALLICK, R., and DASGUPTA, A. (2018): **Contributions of selected indian researchers to multi attribute decision making in neutrosophic environment: an overview**. Infinite Study.

- [26] ŞAHİN, R., and M. YIĞİDER. (2014): A Multi-criteria neutrosophic group decision making method based TOPSIS for supplier selection. **arXiv preprint arXiv: 1412.5077**.
- [27] SENGE, P. (2005): **La Quinta Disciplina En La Practica/Fifth Discipline In The Practice**. Ediciones Granica SA.
- [28] SMARANDACHE, F. (1999): **A unifying field in Logics: Neutrosophic Logic Philosophy** 1-141, American Research Press.751
- [29] SMARANDACHE, F. (2005): **A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability**. Infinite Study.
- [30] SMARANDACHE, F., and LEYVA-VÁZQUEZ, M. (2018): **Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y su papel en la inteligencia artificial**. Infinite Study.
- [31] SMARANDACHE, F., and PRAMANIK, S. (2016): **New trends in neutrosophic theory and applications Vol. 1**, Infinite Study.
- [32] WEEDEN, S., and VALIENTE, T. (2012): Cloud computing: Every silver lining has a cloud. **Citi Research**, 1-116.
- [33] YE, J. (2014): A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets. **Journal of Intelligent and Fuzzy Systems**, 26, 2459-2466.
- [34] YE, J., and ZHANG, Q. (2014): Single valued neutrosophic similarity measures for multiple attribute decision making. **Neutrosophic Sets and Systems**, 2, 48-54.
- [35] ZADEH, L. A. (1965): Fuzzy sets. **Information and Control**, 8, 338-353.