

Tipo de artículo: Artículo original  
Temática: Soluciones Informáticas  
Recibido: 28/12/2019 | Aceptado: 29/03/2020 | Publicado: 02/06/2020

## Tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos

### *Treatment of uncertainty in the evaluation of Human Resources performance of a project based on fuzzy sets*

Bárbara Bron Fonseca<sup>1\*</sup>, Omar Mar Cornelio<sup>2</sup>, Fernando R. Rodríguez Marzo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Informática, Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales, Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio Km 2 ½, Torrens, La Habana, Cuba. [bbron@uci.cu](mailto:bbron@uci.cu)

<sup>2</sup> Centro de Estudio de Matemática Computacional, Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales, Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio Km 2 ½, Torrens, La Habana, Cuba. [omarmar@uci.cu](mailto:omarmar@uci.cu)

<sup>3</sup> Departamento de Matemática, Facultad 3, Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio Km 2 ½, Torrens, La Habana, Cuba. [fmarzo@uci.cu](mailto:fmarzo@uci.cu)

\* Autor para correspondencia: [bbron@uci.cu](mailto:bbron@uci.cu)

---

#### Resumen

El proceso de evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto juega un papel importante para garantizar la eficiencia en las entidades laborales. Muchas instituciones utilizan esta información para determinar las compensaciones a otorgar. Las evaluaciones obtenidas por cada especialista de un proyecto son almacenadas en bases de datos históricas. Analizar el desempeño profesional y su evolución en el tiempo permite identificar los especialistas que mejor desempeño puedan tener en un área del conocimiento específica. En este contexto es imprescindible el uso de herramientas de apoyo a la toma de decisiones como el *Soft computing*. El objetivo de la presente investigación es proponer un método de ayuda a la toma de decisiones para la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en conjuntos borrosos.

**Palabras clave:** Evaluación del desempeño; toma de decisiones; conjuntos borrosos

#### Abstract

*The process of evaluating the Human Resources performance of a project plays an important role in guaranteeing efficiency in labor entities. Many institutions use this information to determine the compensation to be awarded. The evaluations obtained by each specialist of a project are stored in historical databases. Analyzing professional*

*performance and its evolution over time allows us to identify the specialists who may have the best performance in a specific area of knowledge. In this context, the use of decision support tools such as Soft computing is essential. The objective of this research is to propose a decision-making aid method for evaluating the Human Resources performance of a project based on fuzzy sets.*

**Keywords:** Performance evaluation; decision making; fuzzy sets

## **Introducción**

Las insuficiencias en la gestión de proyectos a nivel mundial son causas de innumerables pérdidas económicas y atrasos en proyectos con elevado impacto social (PIÑERO PÉREZ *et al.* 2014). Entre las principales causas de estos efectos (VALENZUELA and PAVLICH-MARISCAL 2014) se encuentran las siguientes:

- Falta de conocimiento en el control y seguimiento de proyectos.
- Debilidades de las herramientas para la ayuda en la toma de decisiones en la gestión de proyectos, expresadas en la incompletitud en las áreas de conocimiento e insuficiencias en el tratamiento de la incertidumbre de los datos y la ambigüedad en los conceptos.

Con la evolución y aceptación de la gestión de proyectos, han surgido algunas guías de reconocimiento y aplicación internacional. Una de las más utilizadas es la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, en lo adelante PMBOK®, la cual plantea que la gestión de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se proponen 5 grupos de procesos y 10 áreas de conocimiento (PMI 2017).

Un área de conocimiento clave en la gestión de proyectos es la de Gestión de los Recursos Humanos, la cual será objeto de análisis en esta investigación, enfocada en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto. La evaluación del desempeño (ED) es un sistema formal de revisión y evaluación sobre la manera en que un individuo o un grupo ejecutan las tareas (VEGA *et al.*),(CORNELIO *et al.*). Un aspecto fundamental en la definición es la palabra *formal*, porque en la realidad, la administración debería supervisar el desempeño de un individuo de manera continua (WAYNE MONDY 2010).

La evaluación del desempeño constituye el proceso por el cual se estima el rendimiento global del trabajador y es indispensable para que éste se esfuerce por mejorar la calidad de su labor (SALAS PEREA 2010). Muchas instituciones utilizan esta información para determinar las compensaciones a otorgar. Un buen sistema de evaluación puede también identificar problemas de funcionamiento (RODRÍGUEZ 2010), indicar la necesidad de volver a capacitar o revelar un potencial no aprovechado.

La evaluación del desempeño es con frecuencia una actividad negativa y desagradable y parece eludir la maestría (WAYNE MONDY 2010). A continuación se exponen algunos de los problemas típicos presentes en los procesos de evaluación (FLETCHER 2001).

- Falta de objetividad.
- Prejuicios (El error halo (MURPHY *et al.* 1993))
- Indulgencia y exigencia.
- Tendencia central (GARCÍA-LAPRESTA and LLAMAZARES 2000).
- Prejuicio de comportamiento reciente.
- Prejuicio personal (GARCÍA-LAPRESTA and PEREIRA 2008).
- Manipulación de la evaluación (NOVA 2011).

Un administrador que evalúe a un empleado sobre la base de factores que no estén claramente predeterminados deja un gran espacio abierto para acusaciones de discriminación (WAYNE MONDY 2010). En este contexto es imprescindible el uso de herramientas de apoyo a la toma de decisiones. La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos de alternativas, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos (HERBERT 1960),(BOEHM 1986).

Con respecto al concepto “toma de decisiones”, Schein, plantea: es el proceso de identificación de un problema u oportunidad y la selección de una alternativa de acción entre varias existentes, es una actividad diligente clave en todo tipo de organización (SCHEIN 1988). Actualmente existen varios modelos y algoritmos para apoyar la toma de decisiones como la minería de datos, inteligencia artificial, soft computing y la computación con palabras entre otros (TORRES *et al.* 2014).

El objetivo de la presente investigación tratar la incertidumbre en el proceso de evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto, a través de los conjuntos borrosos.

La investigación estará estructurada en Resumen, Introducción, Materiales y Métodos y Resultados. En la sesión Materiales y Métodos se describen los principales elementos que sustentan la investigación, se caracteriza la lógica borrosa y se asumen los pasos a seguir para crear un Sistema de Inferencia Borroso. En la sesión Resultados se muestra una propuesta de tratamiento de la incertidumbre en el proceso de evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto. Al finalizar se muestran las Conclusiones y Referencias bibliográficas.

## **Materiales y métodos**

A continuación se describirán las principales características de los conjuntos borrosos que son los que utilizarán para crear e tratamiento de la incertidumbre en la evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto.

### **Lógica borrosa**

Como ya se analizó anteriormente, el proceso de evaluación del desempeño de los recursos humanos de un proyecto encierra un alto grado de subjetividad, ya que conlleva estimar, apreciar, señalar el valor de la calidad, eficiencia y efectividad con que se realizan las tareas. La evaluación depende de factores objetivos, subjetivos y otros que no se pueden delimitar. Este proceso encierra imprecisión o incertidumbre. Una de las metodologías desarrolladas para lograr una mejor representación de información bajo incertidumbre, es el caso de la lógica difusa (ZADEH 1965), (H. J. ZIMMERMANN 2010).

Los sistemas basados en lógica borrosa imitan la forma del razonamiento humano, soportando la vaguedad en los conceptos y la incertidumbre de la información. Son sistemas robustos y tolerantes a imprecisiones y ruidos en los datos de entrada. La lógica borrosa tiene amplias aplicaciones: Control de procesos industriales complejos, Tecnología cotidiana y toma de decisiones (MGPI 2020).

El uso de la lógica difusa ha sido extraordinario (H. J. ZIMMERMANN 2010) desde que (ZADEH 1965) introdujo el concepto de conjunto difuso y por consiguiente se extendió al concepto de variables lingüísticas. En este epígrafe se describen los elementos principales de la *Soft Computing*, en particular la lógica borrosa.

De acuerdo con (ZADEH 1965), un conjunto borroso  $A$  es una aplicación de un conjunto referencial  $S$  en el intervalo  $[0, 1]$  donde  $A: S \rightarrow [0,1]$  y se define por medio de una función de pertenencia:  $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$ .

El trabajo con lógica borrosa puede ser representado con el empleo de variables lingüísticas, lo cual aumenta la interpretación de los datos. Se puede considerar a las variables lingüísticas como variables cuyos valores se representan mediante términos lingüísticos, de modo que el significado de estos términos se determina mediante conjuntos borrosos (ORTEGA 2012). Para la definición de las variables lingüísticas y los conjuntos borrosos asociados se tendrá en cuenta:

Variables lingüísticas: es un quintuplo  $(x, T(x), X, G, M)$

- $x$  es el nombre de la variable.
- $T(X)$  es el conjunto de términos lingüísticos.
- $X$  es el universo de discurso.
- $G$  regla sintáctica que describe la relación entre los conjuntos borrosos.
- $M$  es una regla semántica, asocia a cada valor lingüístico  $Z$  su significado siendo  $M(z)$  un conjunto borroso.

## **Sistema de Inferencia Borroso**

Los Sistemas de Inferencia Borrosos (SIB) imitan la forma de razonamiento humano, permitiendo manejar eficazmente la incertidumbre de la información y conceptos vagos e imprecisos como los empleados en la vida cotidiana. Un SIB o controlador borroso es un sistema computacional basado en los conceptos de la teoría de los conjuntos borrosos cuyas componentes son (MGPI 2020):

- una base de reglas borrosas.
- una base de datos que contiene las funciones de membresía a utilizar.
- un mecanismo de razonamiento, el cual ejecuta el procedimiento de inferencia.

### **Pasos para la construcción de un sistema de inferencia borroso**

1. Definir las variables lingüísticas y los conjuntos borrosos asociados
2. Definir de forma prescriptiva o automática las reglas de inferencia borrosas.
3. Seleccionar el tipo de sistema de inferencia borroso.
4. Definir la T-norma y la Co-norma a utilizar.

## **Resultados y discusión**

En la presente investigación se describe el proceso de evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto, el cual es objeto de estudio y se muestra como crear un sistema de inferencia borroso para tratar la incertidumbre en dicho proceso.

### **Evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto**

La evaluación del desempeño de los recursos humanos de un proyecto puede estar determinada por diferentes categorías, en esta investigación se proponen tres posibles categorías: Deficiente (D), Adecuado (A) y Superior (S). El instrumento de evaluación consta de los indicadores propuestos por cada institución.

Para la evaluación de cada indicador generalmente existe ambigüedad en los conceptos, no se pueden definir valores exactos que definan cuando el indicador es evaluado de D, A o S y consecuentemente la evaluación del RR.HH también estará bajo incertidumbre. Hay incertidumbre en los indicadores calculados a partir de datos generados por la percepción humana.

### **Tratamiento de la incertidumbre por pasos del SIB**

**Paso 1:** Definir las variables lingüísticas y los conjuntos borrosos asociados.

- El nombre de la variable (x) es evaluación (EVA).

- Universo de discurso (X) un rango de evaluación (entre 0 y 1 punto).
- Términos lingüísticos: Deficiente, Adecuado y Superior.
- $M(z)$  Los conjuntos borrosos Deficiente, Adecuado y Superior.
- G es la relación espacial, la representación gráfica y el solapamiento entre los conjuntos borrosos que conforman la variable lingüística.

La Figura 1 muestra los conjuntos borrosos para este caso:

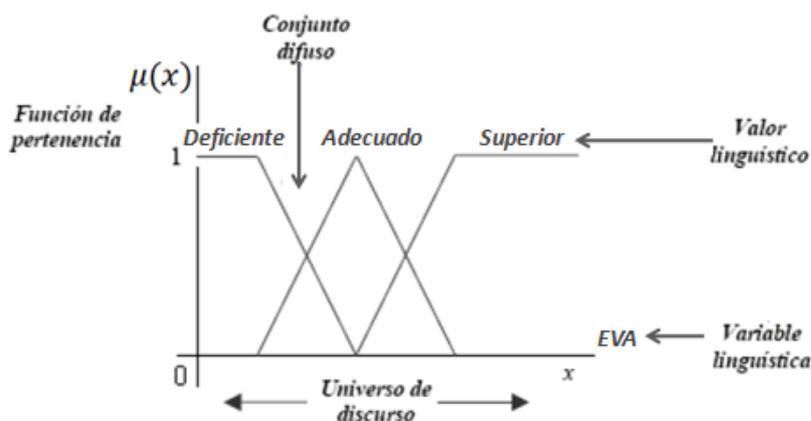


Figura 1: Conjuntos borrosos propuestos para la evaluación de cada Recurso Humano.

En tabla 1 se muestran los conjuntos borrosos definidos para cada EVA:

Para esta investigación se tomará como ejemplo de análisis dos indicadores de los propuestos en (LUGO *et al.* 2013) donde:

- Índice de Correlación del Recurso Humano con respecto al Trabajo (IRHT): Correlación entre la estandarización de los tiempos estimados y los tiempos dedicados de las tareas involucradas con el recurso humano.
- Índice de Rendimiento del Recurso Humano con respecto a la Eficacia (IRHE): Relación entre la cantidad de tareas cerradas evaluadas de Adecuado o Superior y el total de tareas cerradas del proyecto involucradas con el recurso humano hasta la fecha de corte en que se evalúa.

**Tabla 1.** Conjuntos borrosos definidos para cada EVA (LUGO 2012).

Indicador Borroso	Evaluación			
	EVA	Deficiente	Adecuado	Superior

		a	b	c	d	a	b	c	a	b	c	d
Evaluación de los RRHH	IRHT	-	-	0.35	0.30	0.6	0.7	0.6	0.9	0.9	-	-
	IRHE	-	-	0.25	0.35	0.7	0.8	0.8	0.95	0.1	-	-

**Paso 2:** Definir de forma prescriptiva o automática las reglas de inferencia borrosas.

La definición de las variables lingüísticas y sus conjuntos borrosos permite formular criterios valorativos en forma de reglas borrosas. Las reglas borrosas son la representación en lenguaje natural del conocimiento (empírico o no) que se tiene acerca de un problema del mundo real (GARCÍA *et al.* 2014). Se define una regla borrosa R como una tupla (P, Q) donde P son los conjuntos borrosos que representan a los antecedentes y Q es el consecuente. En el trabajo se crearon las siguientes reglas:

IF IRHT is Superior AND IRHE is Superior THEN Evaluación Superior  
 IF IRHT is Deficiente AND IRHE is Deficiente THEN Evaluación Deficiente  
 IF IRHT is Adecuado AND IRHE is Adecuado THEN Evaluación Adecuado  
 IF IRHT is Superior AND IRHE is Adecuado THEN Evaluación Adecuado  
 IF IRHT is Adecuado AND IRHE is Superior THEN Evaluación Adecuado

**Paso 3:** Seleccionar el tipo de Sistema de Inferencia Borroso.

Dentro de los SIB más populares que reporta la literatura se encuentran los siguientes tipos: Sistemas borrosos tipo Mamdani (con parametrización y concreción), Tsukamoto y sistemas borrosos tipo Takagi-Sugeno (AGUIRRE RAMÍREZ 2010; COX 1998), (BRON FONSECA and MAR CORNELIO 2020). En esta investigación se utilizará un método de inferencia borroso de tipo Sugeno Grado Cero para emitir la evaluación de los Recursos humanos de un proyecto en un corte.

Mediante la agregación borrosa, las reglas evaluadas producen como única salida los grados de pertenencia a los conjuntos borrosos que se corresponden con la evaluación Deficiente, Adecuado o Superior que puede ser alcanzada por un Recurso Humano. Para obtener la evaluación cualitativa final se aplica el método Sugeno Grado Cero que muestra la figura 2.

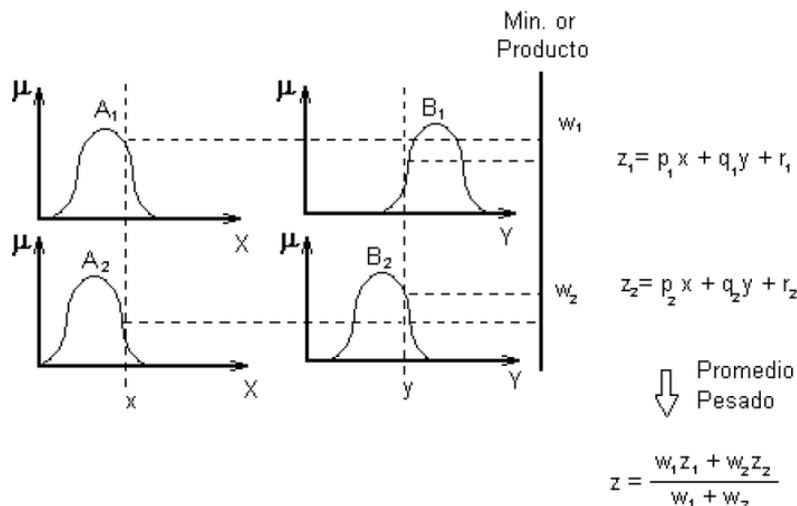


Figura 2. Sistema de Inferencia Borroso Sugeno, min o producto como T-normas (PIÑERO PÉREZ 2005)

**Paso 4:** Definir la T-norma y la Co-norma a utilizar.

Las T-normas y las Co-normas Se presentan como pares de funciones que se complementan. Es una operación T-norma si cumple las siguientes propiedades (MAR *et al.* 2020), (CORNELIO *et al.* 2020):

- |   |                    |   |
|---|--------------------|---|
| 1 | Conmutativa        | $T(x, y) = T(y, x)$                               |
| 2 | Asociativa         | $T(x, T(y, z)) = T(T(x, y), Z)$ .                 |
| 3 | Monótono creciente | $T(x, y) > T(x, y)$ si $x \geq x' \cap y \geq y'$ |
| 4 | Elemento neutro    | $T(x, 1) = x$                                     |

Es una operación Co-norma si cumple las siguientes propiedades:

- |   |                    |   |
|---|--------------------|---|
| 1 | Conmutativa        | $S(x, y) = T(y, x)$                               |
| 2 | Asociativa         | $S(x, S(y, z)) = S(S(x, y), Z)$                   |
| 3 | Monótono creciente | $S(x, y) > T(x, y)$ si $x \geq x' \cap y \geq y'$ |
| 4 | Elemento neutro    | $S(x, 1) = x$                                     |

En esta investigación se utilizaron los siguientes principios:

- Se utilizará como TNorma, el Producto.
- Se utilizará como CoNorma, el Max.

## Conclusiones

En este trabajo se trabaja la incertidumbre existente en el proceso de evaluación del desempeño de los Recursos Humanos de un proyecto basado en indicadores y lógica borrosa. Para cumplir el objetivo se definió un Sistema de Inferencia Borroso de tipo Sugeno Grado Cero.

## Referencias

- AGUIRRE RAMÍREZ, J. J. *Metodología para medir y evaluar las capacidades tecnológicas de innovación aplicando sistemas de lógica difusa caso fábricas de software*, Universidad Nacional de Colombia, 2010. p.
- BOEHM, B. A Spiral Model of Software Development and Enhancement. *ACM SIGSOFT Software engineering notes*, 1986, 11(4): 14-24.
- BRON FONSECA, B. and O. MAR CORNELIO Método para evaluar el desempeño de los recursos humanos en proyectos médicos mediante computación con palabras *Revista Cubana de Informática Médica*, 2020, 12(2).
- CORNELIO, O. M.; J. G. GONZÁLEZ, *et al.* Sistema de apoyo al diagnóstico médico de COVID-19 mediante mapa cognitivo difuso *Revista Cubana de Salud Pública*, 2020, 46(4).
- CORNELIO, O. M.; J. G. GULÍN, *et al.* *Experiencia en la evaluación de competencias en un sistema de laboratorios a distancia*. Anais do Encontro Virtual de Documentação em Software Livre e Congresso Internacional de Linguagem e Tecnologia Online, p. 2317-0239
- COX, E. *The Fuzzy Systems Handbook*. Bk&Cd, 1998. p. *AP Professional, Paperback*.
- FLETCHER, C. Performance appraisal and management: The developing research agenda *Journal of Occupational and organizational Psychology*, 2001, 74(4): 473-487.
- GARCÍA-LAPRESTA, J. L. and B. LLAMAZARES Aggregation of fuzzy preferences: Some rules of the mean *Social Choice and Welfare*, 2000, 17(4): 673-690.
- GARCÍA-LAPRESTA, J. L. and R. A. M. PEREIRA The self-dual core and the anti-self-dual remainder of an aggregation operator *Fuzzy Sets and Systems*, 2008, 159(1): 47-62.
- GARCÍA, R. E.; G. FÉLIX BENJAMÍN, *et al.* Evaluación del impacto de la capacitación con lógica difusa *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 2014, 22: 41-52.
- H. J. ZIMMERMANN Fuzzy set theory *Wiley Interdiscip. Rev. Comput. Stat*, 2010, 2(3): 317–332.
- HERBERT, S. The new science of management decision *New York*, 1960.
- LUGO, J. A. Modelo para el control de la ejecución de proyectos basado en indicadores y lógica borrosa, 2012.
- LUGO, J. A.; S. TORRES, *et al.* Cálculo automático de indicadores como técnica de apoyo para la decisión en el Sistema Nacional de Salud *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 2013, 24: 472-481.

- MAR, O.; I. CHING, *et al.* Operador por selección para la agregación de información en Mapa Cognitivo Difuso *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2020, 14(1): 20-39.
- MGPI. *Tratamiento de incertidumbre. Herramientas de apoyo a la toma de decisiones*, 2020.
- MURPHY, K. R.; R. A. JAKO, *et al.* Nature and consequences of halo error: A critical analysis *Journal of Applied psychology*, 1993, 78(2): 218.
- NOVA, A. P. Formación docente: hacia una definición del concepto de competencia profesional docente *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 2011, 14(1): 67-80.
- ORTEGA, R. C. *Resumen lingüístico de series de datos mediante técnicas de Soft Computing: una aplicación a los cubos OLAP con dimensión tiempo*. Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. Editorial de la Universidad de Granada, Universidad de Granada, 2012. 302. p.
- PIÑERO PÉREZ, P. Y. *Un modelo para el aprendizaje y la clasificación automática basado en técnicas de softcomputing*, UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS, 2005. p.
- PIÑERO PÉREZ, P. Y.; S. TORRES LOPES, *et al.* *Sistema de información para la gestión de organizaciones orientadas a proyectos. V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos*. Loja. Ecuador, 2014.
- PMI, I. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) Sixth Edition*. 2017. p. | ISBN 9781628253900
- RODRÍGUEZ, J. F. O. Evaluación del desempeño del docente de la unidad educativa prof. fernando ramírez *Revista ICONO14 Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes*, 2010, 8(2): 58-70.
- SALAS PEREA, R. S. Propuesta de estrategia para la evaluación del desempeño laboral de los médicos en Cuba *Educación Médica Superior*, 2010, 24(3): 387-417.
- SCHEIN, E. *Process consultation*, 1988.
- TORRES, S.; J. A. LUGO, *et al.* Técnicas formales y de inteligencia artificial para la gestión de recursos humanos en proyectos informáticos *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2014, 8: 43-55.
- VALENZUELA, J. and J. A. PAVLICH-MARISCAL. *Hacia un Modelo de madurez para apoyar el Desarrollo de software Dirigido por Modelos*. 2014 9th Computing Colombian Conference (9CCC), 2014. 162-167 p.
- VEGA, L. E. A.; O. M. CORNELIO, *et al.* MÓDULO PARA LA EVALUACIÓN DE COMPETENCIAS A TRAVÉS *International Journal of Approximate Reasoning*, 2(4): 377-393.
- WAYNE MONDY, R. *Administración de recursos humanos*. 11na. 2010. p. 978-607-32-0203-9
- ZADEH, L. A. *Fuzzy Sets Information and Control*, 1965, 8: 338–353.