

Tipo de artículo: Artículo original

# Método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje bajo el paradigma constructivista

## *Computational method of recommendation on the evaluation of learning under the constructivist paradigm*

Alberto Rodríguez Rodríguez<sup>1\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-1238-0106>

Holger B. Delgado Lucas<sup>2</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-4395-4202>

Cristhian José Álava Mero<sup>3</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-1027-5502>

Robards J. Lima Pisco<sup>4</sup>  , <https://orcid.org/0000-0001-7743-6046>

Flor Isalda Guerra Castro<sup>4</sup>  , <https://orcid.org/0000-0003-2345-5684>

<sup>1</sup> Carrera Tecnologías de la Información, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí.

[alberto.rodriguez@unesum.edu.ec](mailto:alberto.rodriguez@unesum.edu.ec)

<sup>2</sup> Carrera Tecnologías de la Información, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí.

[holger.delgado@unesum.edu.ec](mailto:holger.delgado@unesum.edu.ec)

<sup>3</sup> Carrera Tecnologías de la Información, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí.

[cristhian.alava@unesum.edu.ec](mailto:cristhian.alava@unesum.edu.ec)

<sup>4</sup> Carrera Tecnologías de la Información, Facultad de Ciencias Técnica, Universidad Estatal del Sur de Manabí.

[robardslima@gmail.com](mailto:robardslima@gmail.com)

<sup>5</sup> Unidad Educativa Quince de Octubre. Jipijapa [flor8668@unesum.edu.ec](mailto:flor8668@unesum.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [alberto.rodriguez@unesum.edu.ec](mailto:alberto.rodriguez@unesum.edu.ec)

### Resumen

La evaluación del aprendizaje constituye un elemento fundamental en el proceso docente. Una adecuada evaluación permite estimar el rendimiento del estudiante para asumir la construcción de nuevos conocimientos bajo el paradigma constructivista. La presente investigación propone un método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje. El proyecto de investigación sobre la enseñanza constructivista sustentada en la inteligencia artificial ha definido esta problemática dentro de su objeto de estudio. El método propuesto utiliza en su funcionamiento dos tuplas lingüísticas para mejorar la interpretabilidad de la información introducida por los docentes. Como resultado el método es implementado en un estudio de caso en la carrera Tecnologías de la Información de la Facultad de Ciencias Técnica en la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

**Palabras clave:** método; evaluación del aprendizaje; enseñanza constructivista.

### Abstract

*The evaluation of learning constitutes a fundamental element in the teaching process. An adequate evaluation allows estimating the student's performance to assume the construction of new knowledge under the constructivist paradigm. The present investigation proposes a computational method of recommendation on the evaluation of learning. The research project on constructivist teaching based on artificial intelligence has defined this problem within its object of study. The proposed method uses 2 linguistic tuples in its operation to improve the interpretability of the information entered by the teachers. As a result, the method is implemented in a case study in the Information Technologies career of the Faculty of Technical Sciences at the State University of the South of Manabí.*

**Keywords:** method; Learning Assessment; constructivist teaching.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**  
(CC BY 4.0)

**Recibido: 02/10/2021**  
**Aceptado: 04/11/2021**

## Introducción

El proceso de Enseñanza Aprendizaje bajo un paradigma constructivista se rige por un conjunto de principios donde es posible identificar problemas, y articular soluciones. Los profesores facilitan a los estudiantes las estrategias que permitan promover un aprendizaje significativo, interactivo y dinámico. Despertar la curiosidad del estudiante por la investigación; mientras que la educación tradicional se enfoca en enseñar, memorizar e imponer contenidos, dando como resultado estudiantes pasivos(Parreño, 2019).

La evaluación del aprendizaje en la enseñanza universitaria representa una dimensión importante del proceso bajo un enfoque constructivista(Alvarado Martínez et al., 2018).El docente debe ser protagonista en la dirección de la evaluación del aprendizaje(Cáceres Mesa et al., 2018).

Según las dimensiones de la actividad de enseñanza y aprendizaje existen tres categorías de evaluación:

- La evaluación diagnóstica: se da al inicio del proceso de enseñanza y aprendizaje. Esta información permite al docente verificar los contenidos a enseñar y qué estudiantes necesitan ayuda en alguna área.
- La evaluación formativa: permite medir el progreso del aprendizaje de los estudiantes. Además, la información obtenida ayuda al profesor a tomar decisiones sobre su práctica docente y a los estudiantes a mejorar su actividad de aprendizaje.
- La evaluación sumativa: se aplica al finalizar una serie de actividades previamente definidas y validadas, permitiendo evaluar lo que los estudiantes aprendieron durante el curso o sección.

Diversas investigaciones han abordado la evaluación del aprendizaje desde diferentes perspectivas: La evaluación de los aprendizajes: un marco de referencia para su reflexión y aplicación(Rojas et al., 2019); Reflexiones acerca de la evaluación formativa en el contexto universitario (Apunte, 2021); Evaluación del modelo educativo constructivista de orientación educativa e intervención psicopedagógica desde el enfoque socioformativo(de la Oliva et al., 2019); Planteamiento de los estilos de enseñanza desde un enfoque cognitivo-constructivista(Arellano, 2018). Sin embargo, en las investigaciones referidas es poco abordado la inteligencia computacional que facilite la evaluación del aprendizaje.

A partir de la problemática antes mencionada, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje. La investigación se encuentra estructurada en introducción, materiales y métodos, resultados y discusión. La introducción presentó los principales elementos



asociados al dominio del problema, se describieron los principales referentes relacionados sobre la evaluación del aprendizaje bajo un enfoque constructivista. Los materiales y métodos describen la estructura y funcionamiento del método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje. Su funcionamiento está centrado en un enfoque multicriterio basado en 2 tuplas lingüísticas para modelar la incertidumbre sobre los datos introducidos por los usuarios. Los resultados y discusiones presentan la implementación del método computacional en un caso de estudio en la carrera Tecnologías de la Información de la Facultad de Ciencias Técnica en la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

## Materiales y métodos

Se presenta la estructura del funcionamiento del método computacional de recomendación sobre la evaluación del aprendizaje. El funcionamiento está guiado por un flujo de trabajo de tres actividades. El método basa su funcionamiento mediante un entorno borroso basado en dos tuplas lingüísticas para elevar la interoperabilidad de los datos en el modelo de toma de decisiones propuesto. La decisión puede abordar criterios desde diferentes naturalezas y proporcionar resultados lingüísticos en un entorno difuso. El método está diseñado para soportar el flujo de trabajo para la recomendación sobre la evaluación del aprendizaje. Consta de las siguientes actividades: definición del enfoque, generación de información y procesamiento e inferencia. La figura 1 muestra un esquema con la secuencia de operaciones propuesta.



Figura 1: Flujo de operaciones del método.

A continuación, se describen las diferentes etapas del método:

### 1. Definición del enfoque

En esta etapa, el marco de evaluación se define para determinar la estructura de la evaluación del aprendizaje. El marco se modela a partir de los siguientes elementos:

- Sea  $E = \{e_1, \dots, e_n\}$ , ( $n > 2$ ) un conjunto de expertos.
- Sea  $TI = \{ti_1, \dots, ti_m\}$ , ( $m > 2$ ) un conjunto de posibles evaluaciones.
- Sea  $C = \{c_1, \dots, c_k\}$ , ( $k > 2$ ) un conjunto de criterios que caracterizan las actividades evaluativas.



Se utiliza un marco de información heterogéneo. Para cada experto se puede usar un dominio diferente, numérico o lingüístico para evaluar cada criterio, atendiendo a su naturaleza en un entorno difuso (Mar et al., 2017). A partir de la modelación de los elementos que definen el enfoque se realiza la generación de las informaciones.

## 2. Generación de información

Mediante la definición del marco de trabajo se obtiene el conocimiento del conjunto de expertos. Por cada experto se suministra sus preferencias mediante el uso de vectores de utilidad. El vector de utilidad se expresa mediante la ecuación 1:

$$P_j^i = \{p_{j1}^i, p_{jh}^i\} \quad (1)$$

Donde:

$P_j^i$  representa la preferencia otorgada al criterio que caracteriza las actividades evaluativas  $c_k$  sobre las posibles evaluaciones  $r_j$  expresado por el experto  $e_i$ .

La etapa obtiene las informaciones que son de necesidad para el procesamiento de las inferencias, a partir del conjunto de datos obtenidos mediante la consulta a los expertos, se realiza el procesamiento y la inferencia de las informaciones en función de obtener las recomendaciones sobre la propuesta de evaluación.

## 3. Procesamiento e inferencia

La etapa de procesamiento e inferencia se encarga de, a partir del marco de trabajo establecido con el conjunto de datos obtenidos, realizar la evaluación lingüística colectiva que sea interpretable. Para ello la información es unificada y agregada (Sahin & Yigider, 2014; Ye, 2014).

A partir del procesamiento se realiza un proceso de ordenamiento de alternativas que son priorizados para tratar con información heterogénea y dar resultados lingüísticos.

A partir de  $S = \{s_0, s_g\}$  que representa una 2TLs con cardinalidad impar  $t + 1$  (Teruel et al., 2018), (Leyva-Vázquez et al., 2020).

La información se unifica en un dominio lingüístico específico ( $S_T$ ). La información numérica se transforma al dominio lingüístico ( $S_T$ ) siguiendo estos pasos:

- Seleccionar un dominio lingüístico específico, denominado conjunto de términos lingüísticos básicos ( $S_T$ ).
- Transformación de valores numéricos en  $[0, 1]$  al  $F(S_T)$ .
- Transformación de conjuntos difusos  $S_T$  sobre el en 2-tupla lingüística.

Agregación de la información:



La agregación permite la unificación de las informaciones. Se desarrolla mediante dos pasos con el objetivo de calcular una evaluación global del comportamiento que poseen los criterios que caracterizan las actividades evaluativas.

El operador de agregación unifica las diferentes ponderaciones expresadas por cada experto (Vázquez et al., 2013), (Mar Cornelio et al., 2020), (Mar Cornelio, 2019) teniendo en cuenta su conocimiento y su importancia en la recomendación de una adecuada evaluación del aprendizaje.

El paso final en el proceso de priorización es establecer una clasificación entre las evaluaciones históricas almacenadas, esta clasificación permite determinar la propuesta de evaluación con más valor y posponer o rechazar las evaluaciones con menor valor, o similares.

La mejor evaluación es aquella que tiene la evaluación colectiva máxima  $Max\{r_i, a_j, = 1, 2, , n\}$ . Los requisitos se priorizan según este valor en orden decreciente.

## Resultados y discusión

Para la implementación del método propuesto se utilizó un ejemplo demostrativo como caso de estudio. El objetivo fue recomendar la evaluación del aprendizaje. El ejemplo ilustra la aplicabilidad del método.

Desarrollo de la actividad 1: Definición del enfoque

Para el presente estudio de caso, se identificó un marco de trabajo compuesto por:

$E = \{e_1, , e_4\}$ , que representan los 5 expertos que intervinieron en el proceso.

Los cuales realizan la evaluación:

$TI = \{TI_1, , TI_3\}$ , de 4 posibles evaluaciones.

A partir de la valoración de los criterios C.

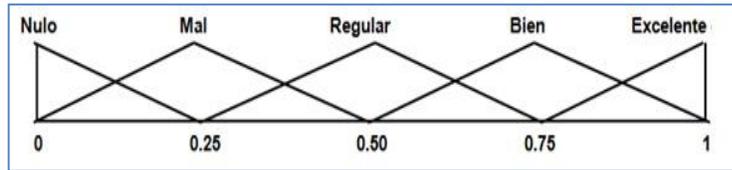
- $C = \{c_1, , c_5\}$  los cuales conforman los 5 criterios que caracterizan las actividades evaluativas. La tabla 1 muestra los criterios utilizados.

**Tabla 1:** Criterios que caracterizan las actividades evaluativas.

No	Criterio
1	Tiempo de entrega de la actividad evaluativa
2	Relevancia de la solución propuesta
3	Precisión de la solución propuesta
4	Originalidad de la solución propuesta
5	Valoración integral

Cada experto podría dar la información de forma numérica o lingüística atendiendo a la naturaleza de los criterios. Se elige un dominio lingüístico común para verbalizar los resultados que se expresan en la Figura 2.





**Figura 2.** Dominio de Selección  $S_T$ .

Para los valores numéricos, se utilizará la escala lingüística con números difusos, propuestas en la Tabla 2.

Tabla 2: Términos lingüísticos empleados.

Término lingüístico	Números
Extremadamente buena (EB)	(1)
Buena (B)	(0.75)
Media (M)	(0.50)
Mala (MA)	(0.25)
Muy mala (MM)	(0)

Desarrollo de la actividad 2: Generación de información

A partir de la información obtenida sobre las evaluaciones otorgadas, se almacena para su posterior procesamiento. El marco de evaluación es presentado en la Tabla 3. Los criterios de evaluación se realizan en la escala  $S_T$ .

**Tabla 3:** Presentación de los resultados.

	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$	$e_5$
$c_1$	1	0.5	1	0.7	0.7
$c_2$	1	0.7	1	1	1
$c_3$	0.7	0.5	1	0.7	0.7
$c_4$	1	1	0.7	1	0.7
$c_5$	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5

La información se transforma para unificar la información heterogénea. Los valores difusos posteriores sobre  $S_T$  se transforman en 2-tuplas lingüísticas.

A partir del proceso de agregación se calculó una evaluación colectiva de las evaluaciones generadas. Para el proceso de agregación se utilizó el promedio de ponderación de los números difusos obtenidos mediante 2-tuplas lingüísticas a partir de los datos referidos por para cada experto. En este caso los vectores de ponderación  $W=(0.7;0.5;1;0.7;0.7)$ .

**Tabla 4:** Procesamiento del resultado de los datos.

	$TI_1$	$TI_2$	$TI_3$	$TI_4$	$TI_5$



c <sub>1</sub>	0.5	1	1	0.7	1
c <sub>2</sub>	0.5	1	0.7	1	1
c <sub>3</sub>	0.5	1	0.7	1	0.5
c <sub>4</sub>	1	0.7	1	0.5	0.5
c <sub>5</sub>	1	0.7	0.7	0.5	0.5

Para calcular la evaluación colectiva, el operador 2-TL se utiliza el vector de ponderación  $V=(1;0.75;0.75;1;0.75)$  de la tabla 3.

**Tabla 5:** Evaluación colectiva para cada evaluación.

(0.5;0.5;0.5;1;1)	TI <sub>1</sub>
(1;1;1;0.75;0.75)	TI <sub>2</sub>
(1;0.75;0.75;1;0.75)	TI <sub>3</sub>
(0.75;1;1;0.5;0.5)	TI <sub>4</sub>
(1;1;0.5;0.5;0.5)	TI <sub>5</sub>

Finalmente, se ordenan todas las evaluaciones colectivas y se establece una clasificación entre las evaluaciones otorgadas con el propósito de identificar las mejores evaluaciones a partir de la función de puntuación.

**Tabla 6:** Resultados de la función de puntuación.

(1;0.75;0.75;1;0.75)	TI <sub>3</sub>
(1;1;1;0.75;0.75)	TI <sub>2</sub>
(0.5;0.5;0.5;1;1)	TI <sub>1</sub>

En el estudio de caso se clasifica las evaluaciones para su recomendación como sigue:

$$TI_3 < TI_2 < TI_1$$

## Conclusiones

Para garantizar una adecuada planificación de los conocimientos a construir por los estudiantes se requiere establecer métodos que fomenten la adecuada evaluación del aprendizaje. La presente investigación implementó un sistema de recomendaciones para la toma de decisiones sobre la evaluación del aprendizaje bajo un enfoque constructivista.



El método desarrollado se nutrió de términos lingüísticos para facilitar la comprensión de los datos utilizados. La propuesta fue aplicada mediante un ejemplo demostrativo donde se pudo recomendar la evaluación para estudiantes de la carrera Tecnologías de la Información de la Facultad de Ciencias Técnica en la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

## Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

## Contribución de los autores

1. Conceptualización: Alberto Rodríguez Rodríguez, Holger B. Delgado Luca, Cristhian José Álava Mero.
2. Curación de datos: Robards J. Lima Pisco, Flor Isalda Guerra Castro.
3. Análisis formal: Alberto Rodríguez Rodríguez, Holger B. Delgado Luca.
4. Investigación: Holger B. Delgado Luca, Cristhian José Álava Mero.
5. Metodología: Alberto Rodríguez Rodríguez, Flor Isalda Guerra Castro.
6. Software: Holger B. Delgado Luca, Cristhian José Álava Mero.
7. Supervisión: Alberto Rodríguez Rodríguez.
8. Validación: Robards J. Lima Pisco, Flor Isalda Guerra Castro.
9. Visualización: Robards J. Lima Pisco, Flor Isalda Guerra Castro.
10. Redacción – borrador original: Alberto Rodríguez Rodríguez, Holger B. Delgado Luca, Cristhian José Álava Mero, Robards J. Lima Pisco, Flor Isalda Guerra Castro.
11. Redacción – revisión y edición: Alberto Rodríguez Rodríguez, Holger B. Delgado Luca, Cristhian José Álava Mero, Robards J. Lima Pisco, Flor Isalda Guerra Castro.

## Financiamiento

La investigación ha sido financiada con recursos del proyecto de investigación sobre la enseñanza constructivista sustentada en la inteligencia artificial de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

## Referencias



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**  
(CC BY 4.0)

- Alvarado Martínez, H. A., Galindo Illanes, M. K., & Retamal Pérez, M. L. (2018). Evaluación del aprendizaje de la estadística orientada a proyectos en estudiantes de ingeniería. *Educación matemática*, 30(3), 151-183. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-58262018000300151](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-58262018000300151)
- Apunte, M. E. H. (2021). Reflexiones acerca de la evaluación formativa en el contexto universitario. *Revista Internacional De Pedagogía E Innovación Educativa*, 1(1), 189-210. <https://editic.net/ripie/index.php/ripie/article/download/32/27>
- Arellano, P. R. (2018). Planteamiento de los estilos de enseñanza desde un enfoque cognitivo-constructivista. *Tendencias pedagógicas*(31), 47-68. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6383446.pdf>
- Cáceres Mesa, M. L., Gómez Meléndez, L. E., & Zúñiga Rodríguez, M. (2018). El papel del docente en la evaluación del aprendizaje. *Conrado*, 14(63), 196-207. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442018000300196](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442018000300196)
- de la Oliva, D., Tobón, S., Sánchez, A. K. P., Romero, J., & Posadas, K. M. E. (2019). Evaluación del modelo educativo constructivista de orientación educativa e intervención psicopedagógica desde el enfoque socioformativo. *Educación*, 55(2), 561-576. <https://www.raco.cat/index.php/Educacion/article/download/v55-n2-de-la-oliva-et-al/451335>
- Leyva-Vázquez, M., Quiroz-Martínez, M. A., Portilla-Castell, Y., Hechavarría-Hernández, J. R., & González-Caballero, E. (2020). A new model for the selection of information technology project in a neutrosophic environment. *Neutrosophic Sets and Systems*, 32(1), 344-360. [https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1494&context=nss\\_journal](https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1494&context=nss_journal)
- Mar Cornelio, O. (2019). Modelo para la toma de decisiones sobre el control de acceso a las prácticas de laboratorios de ingeniería de control II en un sistema de laboratorios remoto.
- Mar Cornelio, O., Santana Ching, I., & Gulín González, J. (2020). Operador por selección para la agregación de información en Mapa Cognitivo Difuso. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 14(1), 20-39.
- Mar, O., Santana, I., & Gulín, J. (2017). Competency assessment model for a virtual laboratory system and distance using fuzzy cognitive map. *Revista investigación operacional*, 38(2), 170-178. <http://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/files/38217/38217-07.pdf>
- Parreño, C. M. T. (2019). El Constructivismo, según bases teóricas de César Coll. *Revista Andina de Educación*, 2(1), 25-28. <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/ree/article/download/659/635>



- Rojas, M. d. P. V., Sánchez, E. C. G., Rojas, L. A. V., & Arias, S. C. (2019). La evaluación de los aprendizajes: un marco de referencia para su reflexión y aplicación. *Revista Boletín Redipe*, 8(8), 28-36. <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/download/797/726>
- Sahin, R., & Yigider, M. (2014). A Multi-criteria neutrosophic group decision making method based TOPSIS for supplier selection. *arXiv preprint arXiv:1412.5077*.
- Teruel, K. P., CedeñoCedeñ, J. C., Gavilanez, H. L., Diaz, C. B., & Vázquez, M. L. (2018). A framework for selecting cloud computing services based on consensus under single valued neutrosophic numbers. *Neutrosophic Sets and Systems*, 22, 38.
- Vázquez, M. Y. L., Teurel, K. Y. P., Estrada, A. F., & González, J. G. (2013). Modelo para el análisis de escenarios basados en mapas cognitivos difusos: estudio de caso en software biomédico. *Ingeniería y Universidad: Engineering for Development*, 17(2), 375-390.
- Ye, J. (2014). Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method. *Journal of intelligent Systems*, 23(3), 311-324.

