



Evaluación de la usabilidad de los EVA (entornos virtuales de aprendizaje) a partir de la experiencia de usuarios aplicando lógica difusa

VLE (virtual training platform) usability assessment from the users' experience by applying the fuzzy logic

Edilma Leonor Díaz Gutiérrez¹ Cesar Fernando Valderrama García²

Para citar este artículo: E. L. Díaz, C. F. Valderrama, "Evaluación de la usabilidad de los EVA (entornos virtuales de aprendizaje) a partir de la experiencia de usuarios aplicando lógica difusa". *Revista Vínculos: Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol 15, n° 2, julio-diciembre 2018, 150-159. DOI: <https://doi.org/10.14483/2322939X.14006>.

Recibido: 12-07-2018 / **Aprobado:** 16-07-2018

Resumen

La forma más adecuada para evaluar la calidad de una plataforma de formación virtual libre o propietaria es a partir del análisis de la usabilidad por parte de usuarios, quienes a través de su percepción facilitan la cuantificación de dicho factor que servirá de guía para la selección y adquisición de este tipo de aplicaciones por las instituciones de educación. Con el fin de cuantificar en forma más exacta dicha valoración, se propone diseñar un modelo de lógica difusa basada en la experiencia del usuario, el cual integra variable de medición de la usabilidad para la generación de datos más exactos que los métodos cualitativos ya utilizados, y que demuestran que el grado de pertenencia de la variable de salida (usabilidad) de las plataformas propietarias es mayor, lo que obliga a los desarrolladores a cuestionarse un poco más en torno a las características y servicios de los productos que desarrollan.

Palabras clave: calidad del *software*, entornos virtuales de aprendizaje, lógica difusa, usabilidad.

Abstract

The most appropriate way to evaluate the quality of a free or proprietary virtual training platform is based on the usability analysis made by users who through their perception facilitate the quantification of the quality factor which will serve as a guide for the selection and acquisition of this type of applications by the Educational Institutions. To quantify this assessment more accurately, we propose to design a diffuse logic model based on user's experience, which integrates usability measurement variable for the more precise generation of data than the qualitative methods already used; demonstrating that the output degree of belonging of the variable (Usability) from the proprietary platforms is greater, such model forces developers to question a little more about the characteristics and services of the products they develop.

Keywords: software quality, virtual learning environments, fuzzy logic, usability.

1. Maestría en Tecnología Informática, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia, Tunja. Afiliación institucional: Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Colombia. Correo electrónico: ediaz@jdc.edu.co
2. Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, Santa Fe de Bogotá. Afiliación institucional: Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Colombia. Correo electrónico: cvalderrama@jdc.edu.co

1. Introducción

Este artículo presenta y analiza un modelo basado en la lógica difusa a través del cual se busca evaluar la usabilidad del *software* según una serie de criterios de calidad basados en la norma ISO 9126. Este modelo surge por la necesidad de establecer criterios sólidos al momento de evaluar entornos virtuales de aprendizaje (EVA), pues se han convertido en una herramienta útil a la hora de gestionar el conocimiento, además promueven nuevos escenarios que garantizan la calidad de la educación [1], [2]; otros autores han presentado modelos, técnicas y metodologías que fomentan la virtualización de la educación en todos los niveles y áreas [3], [4], evidenciando que dichos recursos cuentan con características específicas que garantizan la adquisición de conocimientos, lo cual manifiesta la necesidad de evaluar uno de los factores vitales del *software* en cuanto a su calidad, haciendo referencia a la usabilidad.

La norma [5] propone que esta debe ser analizada en términos de su comprensibilidad, aprendizaje, operabilidad, atractivo, complacencia y a su vez se compone de dos tipos de atributos que se expresan a continuación.

- Atributos cuantificables de forma objetiva: correspondiente a la eficacia y número de errores cometidos por el usuario al realizar una tarea, y eficiencia o tiempo empleado por el usuario para la consecución de una tarea.
- Atributos cuantificables de forma subjetiva: cómo es la satisfacción de uso, medible a través de la interrogación al usuario, relacionado íntimamente con el concepto de usabilidad percibida.

Teniendo claridad sobre los factores clave de la usabilidad, se toma como fundamento un estudio titulado “Guía para evaluar la usabilidad en los entornos virtuales de aprendizaje” [6], en el cual se establecen ocho atributos básicos cuantificables de forma subjetiva a ser evaluados por el usuario

final, los cuales son: comunicación, facilidad estética, operatividad, facilidad de uso, aprendizaje —factores humanos—, facilidad de comprensión, entrenamiento y documentación.

Dicha subjetividad evidencia la necesidad de proponer un modelo de evaluación de calidad del *software* que permita calcular la usabilidad de una forma más confiable, lo anterior a partir de un conjunto de atributos identificados. En este modelo se aplicarán conceptos de la lógica difusa, donde a partir de una serie de valores de pertenencia se calcula un valor para una variable de salida o variable a controlar de forma más razonable, apoyados en la aplicación de criterios de evaluación para la calidad del *software*. Una vez definidos los criterios de usabilidad a evaluar y el modelo a utilizar, se tomaron los resultados obtenidos en la guía de evaluación realizada a los usuarios finales, quienes utilizan cada una de las aplicaciones que son objeto de estudio, con el fin de valorar los parámetros en los cuales las entidades educativas se deben enfocarse al momento de seleccionar el *software* como herramienta de apoyo en los procesos de enseñanza aprendizaje, además de ser un recurso útil cuando se establecen atributos sobre los cuales las empresas desarrolladoras de *software* deben trabajar para mejorar las aplicaciones, reduciendo el tiempo de desarrollo de estas.

El presente trabajo tiene como objeto diseñar un modelo de lógica difusa, basado en la experiencia del usuario final, para medir la usabilidad de los EVA, esperando que el trabajo con conjuntos difusos se ajuste al carácter variable de medir la usabilidad.

1.1 Calidad del *software*

La calidad del *software* es visible en el grado de satisfacción que obtiene el cliente del producto, resultando transparente para él la presencia o ausencia de errores que no se han identificado durante su desarrollo y en la evaluación de los diferentes prototipos, los cuales se convertirán en problemas para el desarrollador o la empresa que lo ha venido implementando si se identifican una vez hecha la entrega al cliente.

Una definición de calidad del *software* es “Proceso eficaz de *software* que se aplica de manera que crea un producto útil que proporciona valor medible a quien lo produce y a quienes lo utilizan” [7], esta permite enfatizar en tres puntos importantes:

- Un proceso eficaz de *software* establece la infraestructura que da apoyo a cualquier esfuerzo de elaboración de un producto de alta calidad. El proceso de ingeniería de *software* permite analizar el problema y diseñar una solución sólida al momento de construir productos de alta calidad.
- Un producto útil que entrega contenido, funciones y características confiables y libres de errores, siendo lo que el usuario final desea.
- Agrega valor para el producto y para el usuario de un producto, ya que ofrece un beneficio en doble dirección —a quien los produce y a los usuarios finales—, el cual también se evidenciará en que requiere menos mantenimiento, menos errores que corregir y poca asistencia al cliente, contribuyendo a incrementar la producción de nuevas aplicaciones que contribuyen a agilizar los procesos de negocio, así como al logro de los objetivos de las empresas.

Expertos en torno al tema han definido diversas dimensiones de la usabilidad, pero la mayoría considera que es un factor determinante a la hora de interactuar y obtener los resultados esperados del *software* al evaluar.

1.2 Definiciones de usabilidad

Diversos autores han planteado definiciones sobre la usabilidad, a continuación se relacionan algunas consideradas dentro de la investigación.

En primer lugar, puede definirse como “un atributo de calidad con el que se mide lo fácil de usar que son las interfaces Web” [8], siguiendo cinco atributos de usabilidad: aprendizaje, eficiencia, memorización, prevención de errores y satisfacción subjetiva [9].

En la ISO 9241-11 (guía para la especificación y medición de usabilidad) se plantea que para poder medir la usabilidad es necesario identificar las metas y descomponer la efectividad, eficiencia y satisfacción, así como los componentes del contexto de uso en subcomponentes con atributos medibles y verificables. Por otro lado, en la ISO/IEC 9126 el estándar la define como: “Un conjunto de atributos de *software* que se sostiene en el esfuerzo necesario para el uso y en la valoración individual de tal uso por un conjunto de usuarios declarados o implicados”, lo cual se encuentra relacionado con la capacidad del producto *software* para ser entendido, aprendido, usado y atractivo para el usuario cuando es utilizado bajo condiciones específicas.

1.3 Entornos virtuales de aprendizaje (EVA)

La formación virtual hace uso de un *software* específico denominado plataforma de formación virtual, dentro del cual se encuentran los sistemas de gestión del conocimiento o EVA, estos permiten el acceso a través de navegadores protegidos con contraseñas, utilizan servicios de la web, disponen de una interfaz gráfica e intuitiva, presentan módulos para la gestión y administración de la información, se adaptan a las necesidades y características de los usuarios (manejo de roles), permiten la interacción entre estudiantes y profesores, ofrecen diferentes tipos de actividades para implementar en el curso, además de incorporar recursos para el seguimiento y evaluación por parte de los docente [10].

1.4 Criterios de usabilidad

Diversos autores han propuesto atributos de calidad de la usabilidad, razón por la cual, luego de un estudio comparativo de estos y teniendo en cuenta las características de los EVA, se establecieron para el estudio los mencionados a continuación.

- Comunicación: proceso que permite la interacción entre el *software* y el usuario a través de diferentes canales, el objeto principal es

respaldar y ofrecer mayor calidad al proceso de comunicación.

- Facilidad estética: identifica que el contenido y estructura se encuentren bien balanceados, teniendo en cuenta los recursos estéticos necesarios para presentar al usuario un ambiente armonioso.
- Operatividad: capacidad del *software* para cumplir las funciones que ha establecido el cliente al dar inicio al proyecto (requisitos funcionales).
- Facilidad de uso: identifica las características que influyen en el esfuerzo requerido para el uso y evaluación individual de su utilización por un grupo de usuarios.
- Aprendizaje (factor humano): se establece de qué manera los usuarios evalúan e interactúan con el producto a través del grado de asimilación de conocimientos.
- Facilidad de comprensión: capacidad del módulo o componente de *software* para permitir al usuario del sistema comprender si es adecuado, y cómo puede usarse en tareas y condiciones de uso específico.
- Entrenamiento: capacidad para permitir al desarrollador o usuario del sistema interactuar con él y controlarlo, facilitando su adaptabilidad.
- Documentación: permite conservar la historia de su manejo, facilitando la utilización por parte de los usuarios. Puede estar representada en manuales (usuario, programador y aun en el código de la aplicación).

2. Lógica difusa

Corresponde a una disciplina matemática con mayor número de seguidores, la cual utiliza expresiones que no son ni totalmente ciertas ni completamente falsas, es decir, es la lógica aplicada a conceptos que pueden tomar un valor cualquiera de veracidad dentro de un conjunto de valores que oscilan entre dos extremos uno o cero, la verdad absoluta y la falsedad total [11].

Los primeros estudios de lógica difusa fueron realizados en 1965 por el ingeniero Lotfy A. Zadeh, con

el principio de compatibilidad: “Conforme la complejidad de un sistema aumenta, nuestra capacidad para ser precisos y construir instrucciones sobre su comportamiento disminuye hasta el umbral más alto del cual, la precisión y el significado son características excluyentes”[12]. La lógica difusa permite a los sistemas trabajar con información que no es exacta, es decir, dicha información contiene un alto grado de imprecisión, contrario a la lógica tradicional que trabaja con información definida y precisa.

• Conjuntos difusos

Se encuentra asociado por un valor lingüístico que está definido por una palabra, etiqueta lingüística o adjetivo. En estos conjuntos la función de pertenencia puede tomar valores en el intervalo entre cero y uno, y la transición del valor entre cero y uno es gradual y no cambia de manera instantánea como pasa con los conjuntos clásicos. Los conjuntos difusos se pueden definir con la ecuación (1).

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in U\} \quad A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in U\} \quad (1)$$

Donde $\mu_A(x)$ $\mu_A: x \rightarrow [0,1]$ es la función de pertenencia, $\mu_A(x)$ $\mu_A(x)$ es el grado de pertenencia de la variable x y U es el universo en discurso. Entre más cerca esté A del valor 1, mayor será la pertenencia del objeto x al conjunto A .

• Funciones de pertenencia

Permiten representar gráficamente un conjunto difuso. En el eje x (abscisas) se representa el universo en discurso, mientras que en el eje y (ordenadas) se sitúan los grados de pertenencia en el intervalo $[0,1]$. Para definir un conjunto difuso, se puede utilizar cualquier función, sin embargo, hay ciertas funciones que son más usadas debido a su simplicidad matemática, entre ellas pueden mencionarse las funciones L , γ , λ , π , las cuales han sido contempladas en otros estudios [13], [14].

- Desfusificación

Una vez realizada la inferencia se contará con una conclusión difusa, una variable lingüística cuyos valores han sido asignados por grados de pertenencia, sin embargo, usualmente se necesita un escalar que corresponda a esos grados de pertenencia; al proceso descrito atrás se le llama desfusificación, en el cual se utilizan métodos matemáticos simples como el método del centroide, el método del promedio máximo, entre otros.

El método del centroide es el más utilizado por los ingenieros de control. Este método, también conocido como centro de área (COA, por sus siglas en inglés), representará numéricamente el valor de la usabilidad del *software* libre y propietario [15], el cual no requiere ajustar ningún coeficiente, sino que solo son necesarias las funciones de pertenencia de cada una de las etiquetas definidas; estas se truncan según el valor de certeza inferido, luego se combina el resultado del truncamiento de todas estas funciones y se obtiene el centro de gravedad con la ecuación (2).

$$\text{COG} = \frac{\sum M(x) * x}{\sum M(x)} \quad \text{COG} = \frac{\sum \mathbf{M(x)} * \mathbf{x}}{\sum \mathbf{M(x)}} \quad (2)$$

Donde $M(x)$ representa el grado de pertenencia del elemento x que tomará valores en el universo difuso, utilizando un paso definido por el usuario. Además, se encuentra la ecuación (3).

$$A = \{ (x, \mu_A(x)) \mid x \in U \}$$

Donde $\mu_A(x)$ $\mu_A: x \rightarrow [0,1]$ es la función de pertenencia, $\mu_A(x)$ $\mu_A(x)$ es el grado de pertenencia de la variable x y U es el universo en discurso. Entre más cerca esté A del valor 1, mayor será la pertenencia del objeto x al conjunto A .

3. Modelo de lógica difusa para evaluar la usabilidad de EVA

Para la evaluación de la usabilidad de los EVA, se tomaron los resultados obtenidos a través del

estudio adelantado para la elaboración de la “Guía para evaluar la usabilidad en los entornos virtuales de aprendizaje (EVA)” [6], donde se plantean una serie de cuestionamientos en torno a los criterios presentados anteriormente, los cuales fueron aplicados a los usuarios que interactúan o han interactuado con este tipo de *software*. Algunos de los cuestionamientos planteados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Modelo de criterios para medir la usabilidad a nivel del criterio comunicación.

No.	Regla	Puntuación
1	La interfaz ofrece a los usuarios la posibilidad de seleccionar diversos medios de comunicación.	
2	La interfaz permite controlar los medios de comunicación de manera autónoma según su agrado	
3	Cada elemento de la interfaz se integra con el mensaje a transmitir a nivel textual y simbólico	
4	El sistema cuenta con recurso que permiten internacionalizar sus mensajes y contenidos a diversos idiomas	
5	El número de pasos para ejecutar una tarea es el adecuado	
6	Cuenta con espacios que posibilitan la formación, relacionarse, comunicarse	

Fuente: elaboración propia.

Al aplicar el instrumento de evaluación a los usuarios se aclaró que para cada uno de los indicadores se debe asignar una evaluación entre cero y cinco, según la experiencia de trabajar con el *software*, aclarando que los valores más altos en la escala representan mayor satisfacción. El modelo de lógica difusa para la evaluación de los EVA utilizando métricas de usabilidad consta de tres partes, las cuales son mencionadas a continuación.

3.1 Variables lingüísticas y etiquetas del modelo

Para medir la usabilidad aplicando técnicas de lógica difusa se tomarán como variables lingüísticas los indicadores establecidos para la consulta hecha

al usuario (Tabla 1), dichos indicadores son: comunicación, facilidad estética, operatividad, facilidad de uso, aprendizaje —factores humanos—, facilidad de comprensión, entrenamiento, documentación y como variable de salida la usabilidad.

Cada una de dichas variables de entrada o salida tendrán asociadas las etiquetas “no se cumple” (NSC), “se cumple insatisfactoriamente” (INS), “se cumple aceptablemente” (ASC), “se cumple en alto grado” (SCAg), “se cumple plenamente” (SCP). Para valorar el impacto de las etiquetas lingüísticas de la variable de salida se tienen en cuenta los aspectos que muestra la Tabla 2.

Tabla 2. Impacto de las etiquetas de las variables de salida.

Etiqueta	Impacto
No se cumple (NSC).	No cumple los criterios de usabilidad que garanticen la interacción con los usuarios.
Se cumple insatisfactoriamente (INS).	Cumple insatisfactoriamente los criterios de usabilidad que garanticen la interacción con los usuarios.
Se cumple aceptablemente (ASC).	Cumple aceptablemente los criterios de usabilidad que garanticen la interacción con los usuarios.
Se cumple en alto grado (SCAg).	Cumple en un alto grado los criterios de usabilidad que garanticen la interacción con los usuarios.
Se cumple plenamente (SCP).	Cumple plenamente los criterios de usabilidad que garanticen la interacción con los usuarios.

Fuente: elaboración propia.

3.2 Estructura del modelo

Con el fin de establecer el grado de pertenencia de un elemento $M(x)$ a un conjunto difuso, se estudiaron las funciones de pertenencia más usadas según expertos en el tema y estas son: función L, función gamma, función lambda, y función PI, las cuales fueron estudiadas y analizadas teniendo en cuenta el grado de pertenencia de los datos en estudio, arrojando los resultados mencionados a continuación.

- Función L:

- Función PI:

$$PI = \begin{cases} M(x) = 0 & \text{si } x < 0.5 \text{ o } x > 3 \\ M(x) = 2x - 1 & \text{si } 0.5 < x < 1 \\ M(x) = 1 & \text{si } 1 \leq x \leq 2.5 \\ M(x) = 6 - 2x & \text{si } 2.5 < x < 3 \end{cases}$$

- Función PI:

$$PI = \begin{cases} M(x) = 0 & \text{si } x < 2.5 \text{ o } x > 4 \\ M(x) = 2x - 5 & \text{si } 2.5 < x < 3 \\ M(x) = 1 & \text{si } 3 \leq x \leq 3.5 \\ M(x) = 8 - 2x & \text{si } 3.5 < x < 4 \end{cases}$$

- Función PI:

$$PI = \begin{cases} M(x) = 0 & \text{si } x < 3.5 \text{ o } x > 5 \\ M(x) = 2x - 7 & \text{si } 3.5 < x < 4.0 \\ M(x) = 1 & \text{si } 4 \leq x \leq 4.5 \\ M(x) = 10 - 2x & \text{si } 4.5 < x < 5 \end{cases}$$

- Función gamma:

$$Gamma = \begin{cases} M(x) = 0 & \text{si } x < 4.5 \\ M(x) = \frac{x - 4.5}{0.3} & \text{si } 4.5 < x < 4.8 \\ M(x) = 1 & \text{si } 4.8 \leq x \leq 5 \end{cases}$$

Tomando como punto de partida la identificación y evaluación de estas funciones, a continuación se procederá a establecer las etiquetas que se definirán para cada uno de los criterios a evaluar.

Para la etiqueta “no se cumple” (NSC) la función de pertenencia asociada sería la función L, donde (0, 0, 0.5, 1). El primer valor es donde comienza la función, el segundo donde se hace 1, el tercero donde comienza a disminuir y el cuarto donde hace cero, análogamente para las otras funciones. Para la

etiqueta “se cumple insatisfactoriamente” (INS), la función de pertenencia asociada es la función PI, se tiene (0.5, 1, 2.5, 3). Para la etiqueta “se cumple aceptablemente” (ASC), la función de pertenencia asociada es la función PI, en la cual (2.5, 3, 3.5, 4). Para la etiqueta “se cumple en alto grado” (SCAg), la función de pertenencia asociada es la función PI, donde (3.5, 4, 4.5, 5). Para la etiqueta “se cumple plenamente” (SCP), la función de pertenencia asociada es la función L, que comprende (4.5, 4.9, 5). La Figura 1 muestra las funciones de pertenencia de las etiquetas lingüísticas de las variables de entrada. Con el fin de evaluar la usabilidad de los EVA, se recurrió a la valoración por parte de expertos en el tema para establecer los factores de certeza asociados a cada una de las etiquetas, definidas a continuación.

- R1: si comunicación no se cumple (CCNS) o facilidad estética no se cumple (FENSC) u operatividad no se cumple (ONSC) o facilidad de uso no se cumple (FUNSC) o aprendizaje y factor humano no se cumple (AFHNSC) o facilidad de comprensión no se cumple (FCNSC) o entrenamiento no se cumple (ENSC) o documentación no se cumple (DNSC), entonces no se tiene usabilidad (FC=1).
- R2: si comunicación es insatisfactoria (CINS) o facilidad estética es insatisfecha (FEINS) u

operatividad es insatisfecha (OI) o facilidad de uso es insatisfecha (FUINS) o aprendizaje y factor humano son insatisfechos (AFHINS) o facilidad de comprensión es insatisfecho (FCINS) o entrenamiento es insatisfechos (EINS) o documentación es insatisfecho (DINS), entonces no se tiene usabilidad (FC=0.8).

- R3: si comunicación es aceptable (CASC) o facilidad estética es aceptable (FEASC) u operatividad es aceptable (OASC) o facilidad de uso es aceptable (FUASC) o aprendizaje y factor humano son aceptables (AFHASC) o facilidad de comprensión es aceptable (FCASP) o entrenamiento es aceptable (EASC) o documentación es aceptable (DASP), entonces no se tiene usabilidad (FC=0.6).
- R4: si comunicación se cumple en un alto grado (CSCAg) o facilidad estética se cumple en un alto grado (FESCAg) u operatividad se cumple en un alto grado (OSCAg) o facilidad de uso se cumple en un alto grado (FUSCAg) o aprendizaje y factor humano se cumplen en un alto grado (AFHSCAg) o facilidad de comprensión se cumple en un alto grado (FCSCAg) o entrenamiento se cumple en un alto grado (EASCAg) o documentación se cumple en un alto grado (DSCAg), entonces se tiene un alto grado de usabilidad (FC=0.4).
- R5: Si comunicación se cumple plenamente (CSCP) o facilidad estética se cumple

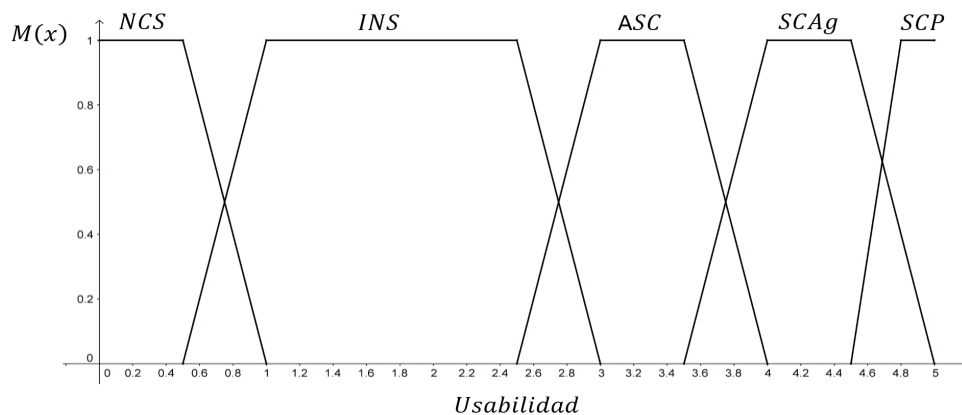


Figura 1. Función de pertenencia de las etiquetas lingüísticas de las variables de entrada.

Fuente: elaboración propia.

plenamente (CSCP) u operatividad se cumple plenamente (OSCP) o facilidad de uso se cumple plenamente (FUCP) o aprendizaje y factor humano se cumplen plenamente (AFHSCP) o facilidad de comprensión se cumple plenamente (FCSCP) o entrenamiento se cumple plenamente (ESCP) o documentación se cumple plenamente (DSCP), entonces no se tiene usabilidad ($FC=0.2$).

4. Estimación de la usabilidad aplicando del modelo de lógica difusa a los EVA

Con el fin de evidenciar la eficiencia del modelo propuesto se procederá a aplicarlo sobre los

resultados obtenidos a partir de la experiencia del usuario evaluando las dos plataformas, una libre y otra propietaria, consiguiendo los siguientes valores: libre {3.4, 3.4, 3.0, 3.1, 3.6, 3.6, 3.1, 2.0}, propietaria {3.9, 3.9, 4.0, 4.0, 4.0, 4.0, 4.0, 3.7}, para cada uno de los indicadores expuestos en los apartes anteriores.

Dentro del proceso de fuzzyficación se calcularon los FC de cada una de las variables de entrada para las etiquetas; una vez aplicado dicho proceso asociando con los valores numéricos obtenidos, se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 3. Al realizar el proceso de inferencia *fuzzy* se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 4 para la variable de salida: usabilidad.

Tabla 3. Grado de pertenencia de los valores de entrada a los conjuntos difusos.

Variable lingüística	Etiqueta (NSC)		Etiqueta (INS)		Etiqueta (ASC)		Etiqueta (SCAg)		Etiqueta (SCP)	
	Lib	Prop	Lib	Prop	Lib	Prop	Lib	Prop	Lib	Prop
Comunicación	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Facilidad. Estética	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Operatividad	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Facilidad de uso	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Aprendizaje factores humanos	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Facilidad de comprensión	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Entrenamiento	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Documentación	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Grado de pertenencia de la variable de salida a los conjuntos difusos.

Variable Lingüística	Etiqueta (NSC)		Etiqueta (INS)		Etiqueta (ASC)		Etiqueta (SCAg)		Etiqueta (SCP)	
	Lib	Prop	Lib	Prop	Lib	Prop	Lib	Prop	Lib	Prop
Usabilidad	0	0	0.8	0	0.6	0.6	0	0.4	0	0

Fuente: elaboración propia.

La inferencia *fuzzy* arroja como resultado que el grado de pertenencia de la variable de salida para la plataforma libre es de 0 para la etiqueta “no se cumple” (NSC), 0.8 para la etiqueta “se cumple insatisfactoriamente” (SCI), 0.6 para la etiqueta “se cumple aceptablemente” (ASC), 0 para la etiqueta “se cumple en alto grado” (SCAg), 0 para la etiqueta “se cumple plenamente” (SCP); para la plataforma propietaria es de 0 para la etiqueta “no se cumple” (NSC), 0 para la etiqueta “se cumple insatisfactoriamente” (SCI), 0.6 para la etiqueta “se cumple aceptablemente” (ASC), 0.4 para la etiqueta “se cumple en alto grado” (SCAg), 0 para la etiqueta “se cumple plenamente” (SCP).

Para llevar a cabo el proceso de desfuzzyficacion a la variable de salida se aplica el método del centroide, con el cual se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 5.

El grado de pertenencia de la variable de salida (usabilidad) con valor 2.42 para plataforma libre con valores de entrada {3.4, 3.4, 3.0, 3.1, 3.6, 3.6, 3.1, 2.0} y el grado de pertenencia de la variable de salida (usabilidad) con valor 3.4 para la plataforma del propietario con valores de entrada {3.9, 3.9, 4.0, 4.0, 4.0, 4.0, 4.0, 3.7}; lo anterior indica

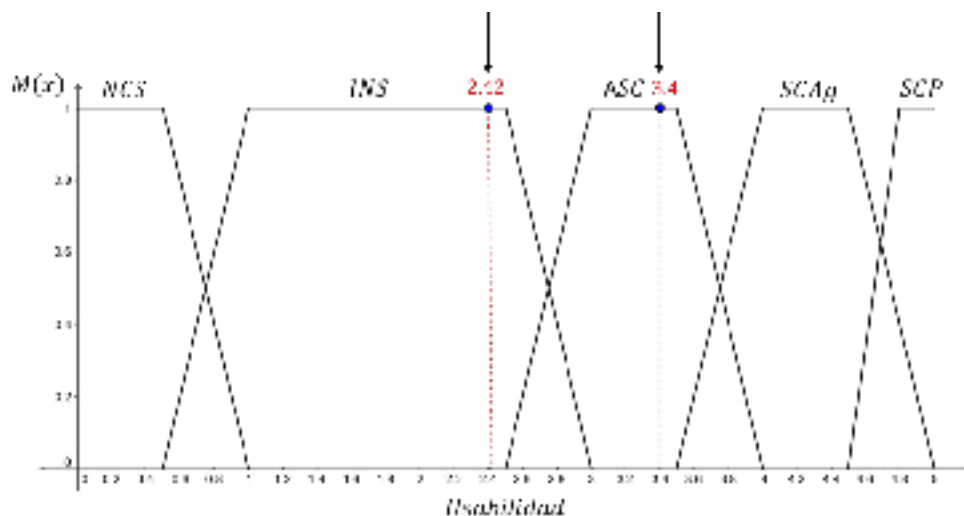
que para esta variable el grado de pertenencia de la etiqueta lingüística INS para la plataforma libre es del 100%, lo que implica replantear la decisión de seleccionar dicha plataforma como herramienta de gestión del conocimiento. Ahora, con respecto a propietaria, el grado de pertenencia de la etiqueta lingüística ASC es del 100%, lo cual implica que dicha plataforma como herramienta de gestión del conocimiento es aceptable (Figura 2).

Tabla 5. Resultados de la aplicación del método del centroide.

Xi	M(Xi)	Xi * M(Xi)	M(Xi)	Xi * M(Xi)
	Libre	Libre	Propietaria	Propietaria
1	0	0	0	0
2	0.8	1.6	0	0
3	0.6	1.8	0.6	1.8
4	0	0	0.4	1.6
5	0	0	0	0
SUMA	1.4	3.4	1	3.4
COG	2.42 (INS)		3.4 (ASC)	

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Grado de pertenencia de la variable de usabilidad libre para los valores de entrada {3.4, 3.4, 3.0, 3.1, 3.6, 3.6, 3.1, 2.0} y para Propietaria los valores de entrada {3.4, {3.9, 3.9, 4.0, 4.0, 4.0, 4.0, 4.0, 3.7}.



Fuente: elaboración propia.

5. Conclusiones

La teoría de la lógica difusa para analizar y evaluar la usabilidad a partir de la experiencia de usuarios genera datos más exactos que otros métodos cualitativos, brindando a los futuros usuarios de la herramienta que permite la gestión del conocimiento una apreciación más exacta al momento de seleccionar un recurso de tipo libre o propietario. Por otro lado, la estructura y aplicación del modelo evidencia el cumplimiento del objetivo propuesto, el diseñar un modelo de lógica difusa que permitiera medir la usabilidad de los EVA libre y propietario a partir de la experiencia de usuarios; así, la lógica difusa se ha convertido en una herramienta útil para apoyar la toma de decisiones ya sea a nivel empresarial y en lo referente a la calidad del *software*.

Referencias

- [1] R. Barragán, y E. Ruiz, "Brecha de género e inclusión digital. El potencial de las redes sociales en educación", Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado, vol. 17, n° 1, pp. 309-323, 2013.
- [2] M. Casas, y L. Stojanovic, "Innovación en la universidad iberoamericana" Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, vol. 10, n° 1, pp. 61-74, 2013.
- [3] M. Monguillot, M. Guitert y C. González, "El trabajo colaborativo virtual: herramienta de formación del profesorado de educación física", Retos. Nuevas Tendencias en Educación física, Deporte y Recreación, n° 24, pp. 24-27, 2013.
- [4] K. González y C. Esteban, "Caracterización de modelos pedagógicos en formación e-learning", Revista Virtual Universidad Católica del Norte, n° 39, pp. 4-16, 2013.
- [5] N. Bevan, "Quality in use: meeting user needs for quality", Journal of Systems and Software, vol. 49, n° 1, pp. 89-96, 1999, [https://doi.org/10.1016/S0164-1212\(99\)00070-9](https://doi.org/10.1016/S0164-1212(99)00070-9)
- [6] A. Alarcón, E. Díaz y M. Callejas, "Guía para evaluar la Usabilidad en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA)", Información Tecnológica, vol. 25, n° 3, 2014.
- [7] R. S. Pressman, Ingeniería del software: un enfoque práctico. México: McGraw-Hill, 2010.
- [8] J. Nielsen, "Usability 101: Introduction to Usability". [En línea]. Disponible en: <https://www.useit.com/alertbox/20030825.html>
- [9] M. Duffill, "¿Qué es la famosa usabilidad en el diseño Web?". [En línea]. Disponible en: <https://www.creatiburon.com/que-es-la-famosa-usabilidad-en-diseno-web/>
- [10] C. Belloch, "Entornos virtuales de aprendizaje". [En línea]. Disponible en: <https://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA3.pdf>
- [11] C. Martínez, "Uso de las técnicas de procesamiento de datos e inteligencia artificial (lógica difusa) en la clasificación/predicción del riesgo bancario", Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Mérida, 2007.
- [12] L. A. Zadeh, "Fuzzy logic, Neural Networks and soft computing" Communications of the ACM CACM vol. 37 Issue 3, March 1994. pp. 77-84
- [13] E. Salcedo y C. Gil, "Sistema difuso para la evaluación de la calidad externa de software orientada a la web", Revista Educación en Ingeniería, vol. 7, n° 13, pp. 91-101, 2012.
- [14] G. Ruiz, A. Peña, C. Castro, A. Alaguna, L. Areiza, R. Rincón, "modelo de evaluación de calidad de software basado en lógica difusa, aplicada a métricas de usabilidad de acuerdo con la norma ISO-IEC 9126", Revista Avances en Sistemas e Informática, vol. 3, n° 2, pp. 25-29, 2006.
- [15] L. Baquero, O. Rodríguez y F. Cuidad, "Lógica Difusa Basada en la Experiencia de los Usuarios para Medir la Usabilidad", Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software, vol. 4, n° 1, pp. 48-54, 2016, <https://doi.org/10.18294/relais.2016.48-54>

