

DECISIÓN MULTICRITERIO EN LA ELECCIÓN DE PROVEEDOR DE SOFTWARE UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA, APLICACIÓN A UN CASO REAL

Miguel Alfaro

Universidad de Santiago de Chile
Avenida Ecuador 3769, Santiago de Chile
miguel.alfaro@usach.cl

Pedro Palominos

Universidad de Santiago de Chile
Avenida Ecuador 3769, Santiago de Chile
pedro.palominos@usach.cl

Claudio Velázquez

Universidad de Santiago de Chile
Avenida Ecuador 3769, Santiago de Chile
claudio.velazquez@usach.cl

RESUMEN

Seleccionar una empresa para que desarrolle un software es un problema del tipo multicriterio. Es necesario ponderar y evaluar un conjunto de variables, cuyas definiciones pueden tener un carácter subjetivo e impreciso. En este artículo se propone un sistema para la evaluación de proveedores de sistemas de información utilizando lógica difusa. El modelo se aplica a un caso real, diferenciando adecuadamente un proveedor de otro.

PALABRAS CLAVES. Decisión multicriterio, lógica difusa, selección de proveedores de sistemas de información

Área principal. Apoyo a la Decisión Multicriterio

ABSTRACT

Choosing a company to develop software is a problem of the multicriterio type. It is necessary to weight and evaluate a set of variables whose definitions can have a subjective and imprecise character. This article proposes a system for the evaluation of suppliers of information systems using fuzzy logic. The model is applied to a real case, distinguishing adequately one supplier from another.

KEYWORDS. Multicriteria decision, fuzzy logic, selecting information systems suppliers

Main area. Multicriteria Decision support

1. Introducción

Las empresas se enfrentan constantemente a problemas del tipo multicriterio en todos los niveles de decisión: estratégicos, tácticos y operacionales. Decisiones que pueden tener impactos en la estabilidad económica y la competitividad de la empresa en el mercado. Un caso particular de este tipo de decisiones, es cuando una empresa requiere contratar los servicios de otras empresas para el desarrollo de sistemas informáticos. En este caso la empresa debe elegir un proveedor desde un conjunto de proveedores oferentes del servicio.

Una característica de este proceso de selección es que muchas de las variables que participan no tienen un carácter exacto, tales como: tamaño de la empresa, fiabilidad, costos, duración del desarrollo, entre otras. Ahora bien, la lógica difusa es una herramienta que permite abordar la ambigüedad que puede existir en la evaluación de estas variables. En efecto, la literatura es rica en aplicaciones de lógica difusa para distintos tipos de problemas donde se presentan estas características, Ross (2004) y Bojadziev (2007).

Con respecto a la evaluación de proveedores Kilincci y Onal (2011) desarrollan un modelo utilizando AHP Fuzzy para una empresa que produce lavadoras, los autores definen 3 criterios asociados al proveedor, al producto y al servicio. Cada uno de estos criterios se subdivide en otro subconjunto de indicadores que caracteriza cada criterio. Luego, los pesos para cada uno de los criterios y sub-criterios se obtienen a través de preguntas a expertos, posteriormente se definen funciones triangulares que representan las variables lingüísticas derivadas de los criterios definidos. Önüt et al (2009) presentan un modelo para evaluar proveedores de una empresa de telecomunicaciones. En este artículo se determinan los pesos de los criterios a través de analytic network process (ANP) y las variables lingüísticas se asumen triangulares. Amin y Razmi (2009) presentan un sistema de gestión de proveedores de servicios de internet, para determinar los criterios se emplea Quality function deployment (QFD) y funciones triangulares para representar de manera fuzzy los criterios. Chen y Gorla (1998) presentan un modelo para evaluar proyectos informáticos. Los autores definen un conjunto de variables que están asociadas a las características económicas del proyecto y otro conjunto de variables lingüísticas que representan las características del proyecto. Los valores lingüísticos son bajo, medio y alto. Se emplea el centro de gravedad en el proceso de desfuzificación. En este artículo se presenta un modelo para la selección de empresas que ofrecen servicios informáticos. El modelo se desarrolla para una compañía que construye software para el sector financiero. Esta compañía fue creada por todos los bancos y empresas financieras de Chile. El software que vende la empresa pueden ser construidos por la misma empresa o pueden ser licitados a empresas desarrolladoras de software. Con respecto a esta problemática no se han encontrado publicaciones específicas, por lo tanto la aplicación a este tipo de selección constituye un aporte novedoso del artículo.

La sección 2 del artículo presenta el modelo de selección y su funcionamiento. La validación y la aplicación del modelo se exponen en la sección 3. Finalmente se presentan las conclusiones.

2. Modelo de selección de proveedores de servicios informáticos

En esta sección se presenta el modelamiento del problema, la definición de las variables, los diferentes agrupamientos de variables, las ponderaciones y el proceso de fusificación. El modelo desarrollado está compuesto por las variables de entrada y tres capas que se han denominado: “factores primarios”, “factores secundarios”, y “agregación final”. La figura 1 muestra la arquitectura del modelo.

2.1. Variables de entrada

Para el proceso de selección de proveedores se han definido las siguientes variables:

1. CPP: costos y precio del proyecto, corresponde a la suma de todos los egresos por concepto de pago a proveedores, compra de equipamiento y de software de aplicación que requiere la propuesta del proveedor.

2. PCP: planificación y control del proyecto, esta variable evalúa los atributos de planificación y control del proyecto que tiene la propuesta del proveedor.
3. ED: experiencia de la empresa en desarrollo, se evalúa la experiencia del proveedor en proyectos de desarrollos de software en los cuales ha participado directamente.
4. EDC: experiencia de la empresa en desarrollos críticos. Se entiende por desarrollo crítico aquel software complejo y de gran impacto para el cliente.
5. PI: presencia en bancos y financieras, se evalúa a los proveedores de acuerdo a los proyectos en los cuales ha participado con instituciones del sector financiero.
6. POR: portabilidad, se evalúa si el software puede ser implementado en diferentes sistemas operativos, tales como Windows, Linux o Unix.
7. TRD: tecnología sobre la cual se requiere el desarrollo, en esta variable se evalúa si la propuesta de solución del proveedor contempla la tecnología esperada por la empresa.
8. FCA: funcionalidades cubiertas por la aplicación, se evalúa el nivel en que la propuesta del proveedor cumple con los requerimientos demandados.
9. DIU: diseño de interfaz de usuario, esta variable mide el grado de diseño de interfaz de usuario que la propuesta del proveedor posee.
10. CAP: capacitación, esta variable evalúa la capacitación ofrecida por el proveedor en su propuesta.
11. ES: entregables solicitados, esta variable mide la propuesta en términos de los entregables solicitados en la definición de requerimientos (documentación técnica, manuales de usuarios, manuales administrativos, entre otros).
12. AMB: apoyo en la implementación, se evalúa el compromiso del proveedor a apoyar al cliente en la fase de implementación del proyecto.
13. GPS: periodo de garantía de funcionamiento de la solución, esta variable evalúa el periodo de garantía ofrecido por el proveedor.
14. CA: control de acceso, esta variable mide los mecanismos que la propuesta posee para que solo tengan acceso al sistema los usuarios correspondientes.
15. HP: histórico de claves, esta variable evalúa las técnicas de almacenamientos de claves para que no existan repeticiones de claves.
16. RIM: registro de intentos erróneos, esta variable evalúa la gestión de intentos erróneos de entrada al sistema, tanto para usuarios existentes como inexistentes.

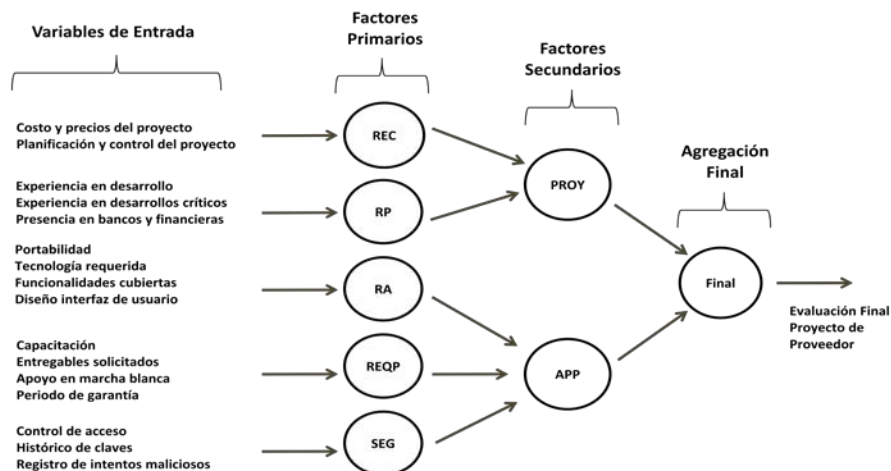


Figura 1. Arquitectura del modelo difuso

Las 16 variables corresponden a variables lingüísticas, cuyos valores lingüísticos de cada variable son: bajo, medio y alto. La figura 2 muestra las funciones de pertenencia para los tres conjuntos difusos. La absisa representa los valores de una variable normalizada entre 0y 1, mientras que la ordenada corresponde al valor de la función de pertenencia.

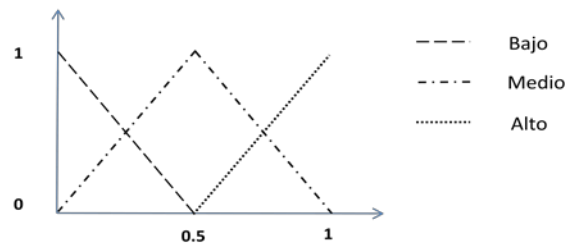


Figura 2. gráfica de la variable lingüística utilizada en el sistema difuso

La definición de solo 3 términos lingüísticos para cada una de las variables de evaluación fue considerada la más adecuada y consistente con los valores que pueden tomar cada una de ellas del lenguaje natural. La función de pertenencia triangular utilizada trabaja muy bien con variables lingüísticas de este tipo, en donde los valores límites son cercanos y en torno al valor modal. La tabla 1 muestra las funciones para cada función de pertenencia para cada valor lingüístico.

Tabla 1: Función de pertenencia de las variables lingüísticas

$\mu(x)$		
Bajo	$-2x+1$	$0 \leq x \leq 0.5$
Medio	$2x$	$0 \leq x \leq 0.5$
	$-2x+2$	$0.5 \leq x \leq 1$
Alto	$2x-1$	$0.5 \leq x \leq 1$

2. 2. Capa de factores primarios

Las variables se han agrupados considerando su naturaleza en grupos de variables, denominados factores primarios que a su vez representan un concepto, por ejemplo las variables CA, HP y RIM constituyen el factor primario “seguridad”. La tabla 2 muestra los agrupamientos realizados y los pesos asignados a cada variable. Las ponderaciones de cada variable han sido determinadas por los expertos de la empresa donde se aplica este modelo.

Tabla 2: Definición de factores primarios

Variables	Peso	Factores primarios	Nombre del factor
CPP	9%	Recursos	REC
PCP	5%		
ED	1%	Referencias del proveedor	RP
EDC	3%		
PI	1%		
POR	12%	Requerimientos del aplicativo	RA
TRD	7%		
FCA	11%		
DIU	7%		
CAP	7%	Requerimientos del proceso	REQP
ES	7%		
AMB	5%		
GPS	7%		
CA	7%	Seguridad	SEG
HP	4%		
RIM	7%		

Las funciones de pertenencia para cada factor primario son análogas a las funciones de las variables de entrada al sistema (tabla 1).

2. 3. Capa de factores secundarios

Los factores primarios se agrupan en dos factores secundarios: el factor “aplicación” (APP) corresponde a aquellos factores primarios que tienen relación con el software a desarrollar. El factor “proyecto” (PROY) corresponde a la agrupación de factores que tienen relación con los costos y las características de la empresa proveedora del servicio. Los factores secundarios también son variables lingüísticas con las características descritas en la tabla 1, cuyos valores dependen de las salidas del conjunto de reglas definidas para los valores de los factores primarios que componen el factor secundario. La tabla 3 muestra la composición de los factores secundarios.

Tabla 3: Definición de factores secundarios

Factores primarios	Factores secundarios	Nombre del factor
REC	Proyecto	PROY
RP		
RP	Aplicación	APP
RA		
REQP		
SEG		

Las funciones de pertenencia de los factores secundarios son análogas a las funciones de pertenencia de los factores primarios

2. 4. Capa de agregación final

La agregación final corresponde a la salida del sistema, es la evaluación asignada al proveedor y es un valor numérico en una escala ascendente entre 1 y 100. Los valores lingüísticos de la variable “Final” se definen como: “Muy Bajo”, “Bajo”, “Medio Bajo”, “Medio”, “Medio Alto”, “Alto” y “Muy Alto”. La figura 3 muestra la gráfica de esta variable.

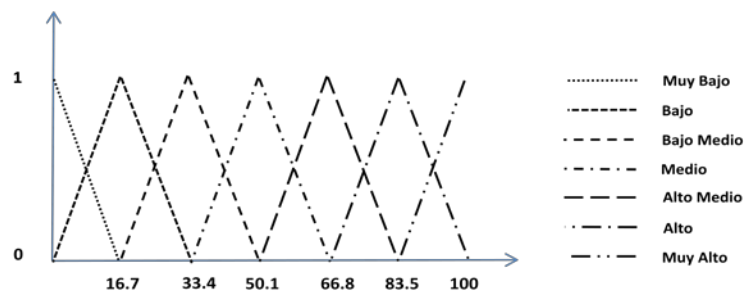


Figura 3: Gráfica de la variable lingüística de salida del modelo difuso

La tabla 4 muestra las funciones de pertenencia de la variable lingüística de salida del sistema difuso. En esta tabla aparecen 7 funciones triangulares superpuestas que modelan cada término lingüístico. Los términos lingüísticos “Muy Bajo” y “Muy Alto”, quedan representados cada uno de ellos por la mitad de una función triangular simétrica, mientras que los otros términos son representados por una función triangular completa.

Tabla 4: Función de pertenencia de las variable lingüística de salida del sistema

$\mu(x)$		
Muy bajo	$-x/16.7+1$	$0 \leq x \leq 16.7$
Bajo	$x/16.7$	$0 \leq x \leq 16.7$
Bajo medio	$-x/16.7+2$	$16.7 \leq x \leq 33.4$
	$x/16.7-1$	$16.7 \leq x \leq 33.4$
Medio	$-x/16.7+2$	$33.4 \leq x \leq 50.1$
	$x/16.7-1$	$33.4 \leq x \leq 50.1$
Alto medio	$-x/16.7+2$	$50.1 \leq x \leq 66.8$
	$x/16.7-1$	$50.1 \leq x \leq 66.8$
Alto	$-x/16.7+2$	$66.8 \leq x \leq 83.5$
	$x/16.7-1$	$66.8 \leq x \leq 83.5$
Muy alto	$-x/16.7+2$	$83.5 \leq x \leq 100$
	$x/16.7-1$	$83.5 \leq x \leq 100$

2.5. Reglas de inferencia del sistema difuso

A continuación, se describen todas las reglas de inferencia definidas para el sistema difuso, indicando las variables difusas de entradas y salidas de cada una de ellas.

a) Reglas de inferencia para los factores primarios

Los factores primarios constituyen variables internas del sistema cuyos valores lingüísticos se definen a través de reglas de inferencia, a partir de las variables que componen el factor primario. La tabla 5 muestra las 9 reglas de inferencia para el factor “Recursos” (REC) a partir de las variables difusas de entrada: “Costo y precios del proyecto (CPP)” y “Planificación y control del proyecto (PCP)”.

Tabla 5: Reglas de inferencia para Recursos (REC)

CPP	PCP	REC
Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Bajo
Bajo	Alto	Medio
Medio	Bajo	Bajo
Medio	Medio	Medio
Medio	Alto	Medio
Alto	Bajo	Medio
Alto	Medio	Alto
Alto	Alto	Alto

De manera análoga se definen 27 reglas de inferencias para el factor “referencias del proveedor” (RP), 81 reglas al factor “requerimientos del aplicativo” (RA), 81 reglas al factor “requerimientos del proceso” (REQP) y 27 reglas al factor “seguridad” (SEG) respectivamente. Estas reglas se definen a partir de consulta a los expertos de la empresa.

b) Reglas de inferencia para los factores secundarios

Los factores secundarios también son variables lingüísticas internas, cuyos valores dependen de las salidas del conjunto de reglas definidas para los valores de los factores primarios que componen el factor secundario. La tabla 6 muestra las reglas de inferencia para el factor PROY. De manera similar se definen las 27 reglas para el factor secundario APP.

c) Reglas de inferencia para la capa final

Esta corresponde a la variable de salida, esta regla entrega la evaluación final del sistema para un proveedor específico. Esta regla recibe las salidas defusificadas de las reglas de inferencia APP y PROY.

Tabla 6: Reglas de inferencia para Proyecto (PROY)

RP	REC	PROY
Bajo	Bajo	Bajo
Medio	Bajo	Bajo
Alto	Bajo	Bajo
Bajo	Medio	Medio
Bajo	Alto	Medio
Medio	Medio	Medio
Medio	Alto	Alto
Alto	Medio	Alto
Alto	Alto	Alto

2.6. Mecanismo de defusificación

La defusificación consiste en convertir un concepto definido a través de operadores difusos a un valor numérico y real (crisp). El método utilizado en cada una de las reglas de inferencias del sistema difuso desarrollado es el centro de gravedad (CDG). Este método es el que ha entregado los mejores resultados en las simulaciones del modelo. Para determinar el centro de gravedad se emplea la ecuación 1.

$$CDG = \frac{\int_a^b \mu(x) \cdot x \cdot dx}{\int_a^b \mu(x) \cdot dx} \quad 1.$$

Donde, $\mu(x)$ es la función de pertenencia de la variable difusa de salida de la regla de inferencia y el intervalo [a, b], corresponde al dominio de esta función de pertenencia.

2.7. Método de inferencia

Para determinar los valores de las variables difusas internas, se han empleado los métodos de inferencia propuestos por Mamdani y Assilian (1975). Estos valores dependen, de la regla lingüística o de inferencia, de los valores de las variables de entrada fusificadas y del método de inferencia utilizado; para el caso de los factores primarios y secundarios se ha usado la técnica Mamdani max-min y para la variable final Mamdani max-product.

2.8. Funcionamiento del sistema

1. Se evalúan las variables del sistema y se ponderan de acuerdo al peso definido.
2. El valor obtenido es fusificado y se envía a la capa de factores primarios.
3. Se determinan los valores de la capa de los factores primarios a través de: los valores de las variables fusificadas, las reglas y métodos de inferencias, finalmente se procede a la difusificación y se obtienen los valores de los factores primarios.
4. De manera análoga al punto 3 se obtienen los valores de los factores secundarios, pero utilizando los valores difusos de los factores primarios.
5. Finalmente se evalúa la variable final a través de un proceso similar a los descritos en las etapas anteriores.
6. El modelo fue implementado en el software libre XFUZZY 3.0 (Instituto de Microelectrónica de Sevilla, <http://www2.imse-cnm.csic.es/Xfuzzy/>) bajo licencia GNU (General Public License).

3. Validación y aplicación del sistema

El sistema ha sido validado aplicándolo a la selección de proveedores en los casos que se conoce a priori el proveedor que debe ser seleccionado, esto es, cuando un proveedor es una alternativa dominante con respecto a los otros proveedores. También se ha aplicado el sistema a conjuntos de proveedores cuyas evaluaciones se han distribuidos aleatoriamente. En todos los casos los resultados han sido lógicos y satisfactorios. A continuación se presenta la aplicación para un caso real de selección de proveedores. En síntesis, el proyecto consiste en desarrollar un nuevo software para el sistema de mensajería y transferencia electrónica de archivos para toda la Banca Nacional y Organismos Contralores. La tabla 7 muestra los valores de las variables de entrada para los diferentes proveedores, definidos por los expertos de la empresa que demanda el servicio. La escala de evaluación de los proveedores es de 1 a 7.

Tabla 7: Valores de las variables de entrada para cada proveedor P_i

Variables	Peso	Descripción	Proveedores			
			P_1	P_2	P_3	P_4
CPP	9%	Costos y precio del proyecto	6,4	6,8	5,5	4,5
PCP	5%	Planificación y control del proyecto	4,8	4,5	6,5	6,5
ED	1%	Experiencia de la empresa en desarrollo	7,0	7,0	7,0	7,0
EDC	3%	Experiencia de la empresa en desarrollos críticos	4,0	4,5	6,4	5,9
PI	1%	Presencia en bancos y financieras	4,5	4,7	6,8	6,8
POR	12%	Portabilidad	5,5	6,4	6,5	6,5
TRD	7%	Tecnología sobre la cual se requiere el desarrollo	6,0	6,5	6,5	6,6
FCA	11%	Funcionalidades cubiertas por la aplicación	6,5	6,5	6,5	6,5
DIU	7%	Diseño de interfaz de usuario	7,0	7,0	7,0	7,0
CAP	7%	Capacitación	7,0	7,0	7,0	7,0
ES	7%	Entregables solicitados	7,0	7,0	6,5	7,0
AMB	5%	Apoyo en la implementación	7,0	7,0	7,0	7,0
GPS	7%	Periodo de garantía	5,9	5,7	6,5	6,5
CA	7%	Control de acceso	7,0	7,0	7,0	7,0
HP	4%	Histórico de claves	5,7	5,7	6,5	6,7
RIM	7%	Registro de intentos erróneos	6,4	6,4	6,4	6,4

Como se ha descrito en el funcionamiento del sistema, a partir de los valores de las variables de entrada se determinan los valores para los factores primarios, a continuación se describe el proceso para el proveedor 3 (P_3).

3.1. Proceso de inferencia para el factor primario recursos (REC)

De acuerdo a los valores de la tabla 7, los valores ponderado de las variables “Costos y precio del proyecto” (CPP) y “Planificación y control del proyecto” (PCP) son 0,495 y 0,325 respectivamente. La tabla 8 muestra los valores de las funciones de pertenencia para cada variable.

Tabla 8: Cálculo del grado de pertenencia para CPP y PCP

Variable	x	$-2x+1$ (Bajo)	$2x$ (Medio)
CPP	0,495	0,01	0,99
PCP	0,325	0,35	0,65

Los valores de las funciones pertenencia de CPP y PCP activan las siguientes reglas para el factor primario REC:

Si CPP = Bajo	y	PCP = Bajo	Entonces REC = Bajo
Si CPP = Bajo	y	PCP = Medio	Entonces REC = Bajo
Si CPP = Medio	y	PCP = Bajo	Entonces REC = Bajo
Si CPP = Medio	y	PCP = Medio	Entonces REC = Medio

La variable REC corresponde a la variable difusa de salida de la regla de inferencia asociadas al factor “Recurso”. En términos numéricos el cálculo en cada regla es:

$$\begin{aligned} \min(\mu_{\text{cpp}}(0.495), \mu_{\text{pcp}}(0.325)) &= \min(0.01; 0.35) = 0.01 \\ \min(\mu_{\text{cpp}}(0.495), \mu_{\text{pcp}}(0.325)) &= \min(0.01; 0.65) = 0.01 \\ \min(\mu_{\text{cpp}}(0.495), \mu_{\text{pcp}}(0.325)) &= \min(0.99; 0.35) = 0.35 \\ \min(\mu_{\text{cpp}}(0.495), \mu_{\text{pcp}}(0.325)) &= \min(0.99; 0.65) = 0.65 \end{aligned}$$

Los valores anteriores determinan la figura 3. En esta figura, el gráfico (A) corresponde a la representación gráfica del valor de pertenencia de CPP y el gráfico (C) al valor de pertenencia PCP, los que producen las gráficas (B) y (D) respectivamente. En tanto el gráfico (E), es la gráfica final de este proceso de inferencia, resultante a partir de las gráficas (B) y (D).

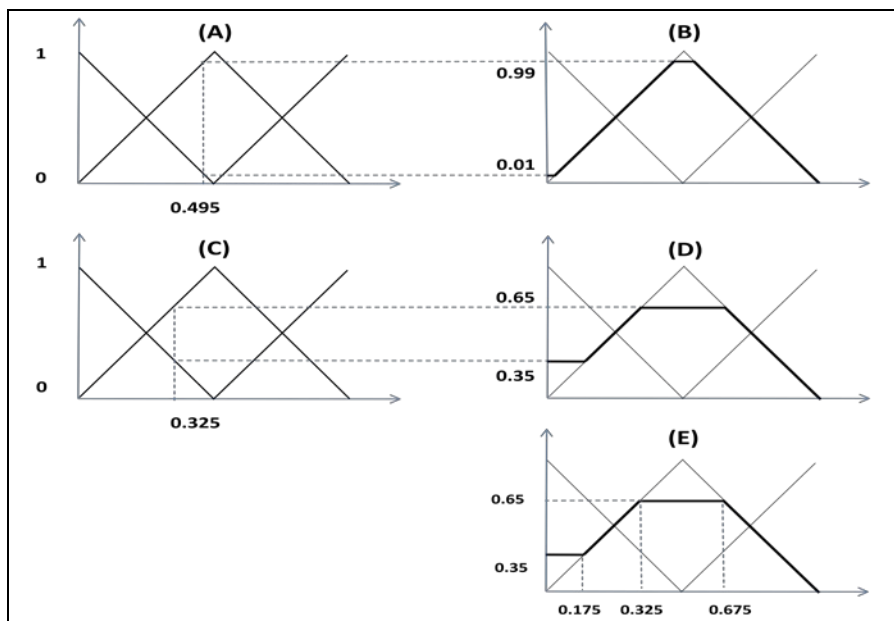


Figura 4: Obtención de la función de pertenencia de la variable REC

A partir del gráfico (E) de la figura 4, se obtiene el centro de gravedad (CDG) a través de la ecuación 2. El valor obtenido es 0,4711.

$$CDG = \frac{\int_0^{0,175} 0,35x dx + \int_{0,175}^{0,325} 2x^2 dx + \int_{0,325}^{0,675} 0,65x dx + \int_{0,675}^1 (-2x^2 + 2x) dx}{\int_0^{0,175} 0,35 dx + \int_{0,175}^{0,325} 2x dx + \int_{0,325}^{0,675} 0,65 dx + \int_{0,675}^1 (-2x + 2) dx} = 0,4711 \quad 2$$

De manera análoga se obtienen todos los factores primarios y secundarios del modelo. La tabla 9 muestra los valores de ambos factores.

Tabla 9: Valores defusificados de los factores primarios y secundarios del proveedor P₃

Factores primarios					Factores Secundarios	
REC	RP	RA	REQP	SEG	PROY	APP
0,4711	0,3129	0,5434	0,4999	0,4452	0,4990	0,4989

A continuación se presenta como se realiza el proceso con la evaluación final del proveedor.

3.2 Proceso de inferencia de la regla FINAL

La tabla 10 muestra los valores de las funciones de pertenencia de los factores secundarios.

Tabla 10: Cálculo del grado de pertenencia para PROY y APP

Variable	x	-2x+1(Bajo)	2x(Medio)
PROY	0,4990	0,0020	0,9980
APP	0,4989	0,0022	0,9978

Los valores de las funciones pertenencia de PROY y APP activan las siguientes reglas para el factor FINAL:

- Si PROY = Bajo y APP = Bajo Entonces FINAL = Muy bajo
- Si PROY = Bajo y APP = Medio Entonces FINAL = Bajo
- Si PROY = Medio y APP = Bajo Entonces FINAL = Bajo medio
- Si PROY = Medio y APP = Medio Entonces FINAL = Medio

La variable “Final” es la variable difusa de salida de la regla de inferencia “FINAL”. En términos numéricos el cálculo en cada una de las reglas anteriores es:

$$\begin{aligned} \min(\mu_{\text{Proy}}(0.499), \mu_{\text{App}}(0.4989)) &= \min(0.002; 0.0022) = 0.002 \\ \min(\mu_{\text{Proy}}(0.499), \mu_{\text{App}}(0.499)) &= \min(0.002; 0.9978) = 0.002 \\ \min(\mu_{\text{Proy}}(0.499), \mu_{\text{App}}(0.499)) &= \min(0.998; 0.0022) = 0.0022 \\ \min(\mu_{\text{Proy}}(0.499), \mu_{\text{App}}(0.499)) &= \min(0.998; 0.9978) = 0.9978 \end{aligned}$$

La figura 5, corresponde a la función de pertenencia de la variable FINAL. Su valor defusificado para el proveedor 3 (P₃) es 50.3676.

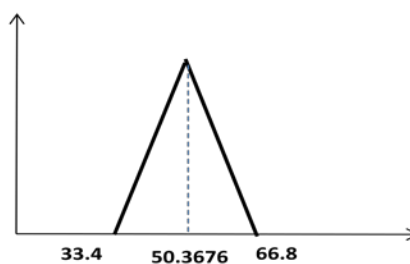


Figura 5: Gráfica resultante para la variable de salida FINAL

La tabla 11 muestra los resultados para todos los proveedores, en ella se observa que el proveedor 4 es el mejor evaluado. La poca diferencia entre las evaluaciones se explica por el hecho que las evaluaciones iniciales de las empresas proveedoras son bastante homogéneas (la desviación estándar de las medias de las evaluaciones es solo un 3% de la media).

Tabla 11: Resultados de las evaluaciones

Proveedores	P1	P2	P3	P4
Variable Final	49,971	49,980	50,368	50,373

4. Conclusiones

El sistema, como se expone en la sección 3, se ha validado para distintos casos de procesos de selección. En los casos donde es posible determinar a priori el proveedor, es posible afirmar que los resultados obtenidos están de acuerdo a lo diseñado en las reglas que gobiernan el proceso de inferencia. Los resultados obtenidos en las aplicaciones a casos reales, como el expuesto en la sección anterior, donde la evaluación inicial, valores de las variables de entrada, no permiten determinar con antelación cual será el proveedor seleccionado, el sistema difuso proporciona resultados que a juicio de los expertos de la empresa son las adecuadas. Como perspectiva de desarrollo, se prevé incorporar juicios simultáneos de expertos, Chen (2009) e introducir reglas dinámicas de inferencias a través de un sistema híbrido difuso-neuronal.

Referencias

- Ross, T.** Fuzzy Logic With Engineering applications (2nd Edition), John Wiley & Sons Inc., England, 2004.
- Bojadziev, G., Bojadziev, M.** Fuzzy Logic For Business, Finance, And Management (2nd Edition), Advances in Fuzzy Systems: Applications and Theory, Vol. 23, World Scientific Publishing Co., 2007.
- Kilinci, O., Onal, S.** (2011), Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company, Expert Systems with Applications, 38, 9656–9664.
- Önüt, S., Kara, S., Isik, E.** (2009), Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company, Expert Systems with Applications, 36, 3887–3895.
- Amin, S., Razmi, J.** (2009), An integrated fuzzy model for supplier management: A case study of ISP selection and evaluation, Expert Systems with Applications, 36, 8639–8648.
- Chen, K., Gorla, N.** (1998), Information System Project Selection Using Fuzzy Logic, IEEE Transactions On Systems Man, And Cybernetics-Part A: Systems And Humans, 28, 849-855.
- Mamdani, E., Assilian, S.** (1975), An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller, International Journal of Man-Machine Studies, 7, 1–13.