



## Evaluación de aspirantes a docentes en la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle del Momboy mediante un modelo difuso de soporte de decisiones

A Diffuse Support Decision Model to Assess  
Potential Candidates to become Professors  
at the Universidad Valle del Momboy

*Iván Pérez\* y Rocío Melero\**

### Resumen

La demanda sobre las instituciones de educación superior públicas o privadas ha mantenido un déficit significativo, la apertura de las aulas a un número mayor de estudiantes depende de múltiples factores, sin embargo, incrementar la disponibilidad del recurso humano docente es clave para atender la demanda insatisfecha de una educación pertinente y de calidad. El ingreso del personal docente ordinario (permanente) a las instituciones de educación superior está regulado plenamente para las instituciones públicas en la legislación vigente, a pesar de ello todas las Universidades se ven en la necesidad recurrente de contratar personal (temporal) a fin de atender la oferta académica que debe garantizarse a la comunidad estudiantil. El proceso de contratación implica, en alguna de sus fases, la selección del candidato a ingresar entre un grupo de aspirantes al cargo ofertado, la cual suele apoyarse en algún baremo sobre el que se comparan los méritos de los aspirantes. La selección es una actividad grupal que requiere la opinión de los integrantes de un panel de evaluación. Las exigencias de objetividad y transparencia han forzado sistemáticamente a la cuantificación discreta de los méritos, lo cual en esencia va en contrasentido con la forma imprecisa del lenguaje de comunicación del ser humano. En este trabajo se propone un modelo lingüístico de toma de decisiones colectivas que permi-

Recibido: Abril 2006 • Aceptado: Junio 2006

\* Universidad Valle del Momboy. Facultad de Ingeniería. E-mail: ivan@ing.uvm.edu.ve; rmelero@uvm.edu.ve

ta seleccionar el mejor candidato a ingresar como personal docente, que afronta las ambigüedades propias del lenguaje con base en la lógica difusa, promoviendo una forma más natural de emitir opinión en todo el rango de valores esperados. El sistema propuesto se adecuó al proceso empleado por la Universidad Valle del Momboy, y se usó para evaluar una lista de aspirantes docentes para la Facultad de Ingeniería, validando la consistencia del modelo y estimando su capacidad predictora en el desempeño docente.

**Palabras clave:** Lógica difusa, reclutamiento de docentes, juicio de expertos

### **Abstract**

The demand upon private and public higher education institutions has created and maintained a significant deficit, and the expansion of classrooms for a greater number of students depends on multiple factors, however, to improve the availability of human teacher resources is key in fulfilling the unsatisfied demand for quality and relevant education. The entrance of permanent teacher personnel in higher education institutions is totally regulated in the present legislation for public universities, in spite of the fact that all institutions have a recurrent need to hire personnel (temporary) in order to attend the academic offer that should be guaranteed for the student community. The hiring process implies, in some phases, the selection of candidates to aspire for positions offered, which usually implies some kind of scale with which to compare the merits of the candidates. The selection is a group activity that requires the opinions of an evaluation panel. The requirements of objectivity and transparency have systematically forced the discrete quantification of merits, which goes against the imprecise human language of human communication. This paper proposes a collective decision making linguistic model that allows for the selection of the best candidates to enter as professors. The selection model proposed will deal with the ambiguities of language, based on diffuse logic, promoting a more natural way to emit opinions in all the expected value ranges. The proposed system was adjusted to the process used at the Universidad Valle del Momboy, and was applied to evaluate a list of professor candidates for the Engineering School, validating the consistency of the model and estimating the predictive capacity through teacher performance.

**Key words:** Diffuse logic, professor recruitment, expert judgment.

### **Introducción**

En los viejos sistemas de control, surgidos a la par del desarrollo mundial se podía observar que hay desemejantes formas de diseñar y modelar los diversos dispositivos de trabajo, en ellos se habla de las funciones de transferencia, de los diagramas de estado y otras que son un poco complicadas de entender y de manipular; desde hace algún tiempo han surgido otras formas o métodos teóricos, para desarrollar sistemas de control, dichos modelos y diseños son más comprensibles: uno de ellos es la lógica difusa para el diseño de sistema de toma de decisiones.

El auge de los procesos y sistemas de control para la toma de decisiones requiere contar con nuevas tecnologías que tengan mayor eficiencia y control de los procesos a desarrollar. En este sentido la aplicación de la lógica difusa en los sistemas de control hace el modelaje mucho más fácil en su entendimiento y diseño, puesto que sus parámetros de utilización se hacen similares al pensamiento que puede tener una persona con gran experiencia en el manejo de los sistemas, por ejemplo de selección, reclutamiento y medición de las competencias del recurso humano como caso particular.

Adicionalmente, la evolución de la ciencia hace necesario que las entidades de educación superior promuevan la participación de la comunidad universitaria (profesores y alumnos) en la investigación y aplicación de modelos de toma de decisiones lingüístico difuso, en grupos bajo consenso, como sistema de control para hacer de la Universidad una institución de alta competitividad.

En este sentido, se presenta la Lógica Difusa como una alternativa para solucionar los problemas presentes en el modelaje matemático de los sistemas utilizando la teoría del pensamiento humano enmarcada principalmente en el sector del control interno en el área de los recursos humanos, en función a esta premisa el presente trabajo se ha planteado como objetivo desarrollar un modelo de toma de decisiones lingüístico difuso, en grupos bajo consenso, para la selección de docentes escogiendo como contexto de estudio la Universidad Valle del Momboy.

## **Definición del problema**

En expresiones de Corzo (2005), la lógica difusa (fuzzy logic) es definida como un sistema matemático que modela funciones no lineales y convierte unas "entradas" en "salidas" acordes con los planteamientos lógicos que usa el razonamiento aproximado, se fundamenta en los denominados conjuntos borrosos y un sistema de inferencia difuso basado en reglas de la forma "Si ..., entonces ...", donde los valores lingüísticos de la premisa y el consecuente están definidos por conjuntos borrosos, es así como las reglas siempre convierten un conjunto impreciso en otro.

En este escenario, la lógica difusa ha cobrado gran fama por la variedad de sus aplicaciones, las cuales van desde el control de complejos procesos industriales, hasta el diseño de dispositivos artificiales de deducción automática, pasando por la construcción de artefactos electrónicos de uso doméstico y de entretenimiento, así como también de sistemas de diagnóstico.

Es así, como con la introducción de los conjuntos difusos y su definición formal en términos matemáticos, surge la solución al procesamiento de conceptos ambiguos por parte de la computadora. De esta manera se origina otra clase de sistemas expertos, sistemas de decisión y sistemas de control, en los cuales las decisiones o acciones a tomar se encuentran almacenadas en la base de conocimiento del computador en la forma de reglas lingüísticas.

Esta nueva manera de representar el conocimiento del computador en la forma de normas lingüísticas, ha logrado reducir el número de reglas requeridas

para cubrir un determinado universo de conocimiento y al mismo tiempo se ha logrado producir en estos sistemas una respuesta más estable.

En tal sentido, la lógica difusa desarrolla el concepto básico donde las categorías no son absolutamente claras y bien definidas, es decir, que un elemento de una clase puede pertenecer en menor o mayor grado a la misma. En función a ello, las reglas involucradas en un sistema borroso, pueden ser aprendidas con sistemas de adaptación que aprenden al “observar” cómo operan las personas los dispositivos reales, o bien pueden también ser formuladas por un experto humano. En general la lógica borrosa se aplica tanto a sistemas de control como al modelado de cualquier sistema continuo de ingeniería, física, biología, economía, educación entre otros.

Por su parte, Pérez (2005) señala que la teoría de los conjuntos difusos ha permitido el nacimiento de unas técnicas que van a facilitar la solución de aquellos problemas en los que la incertidumbre aparece de manera fundamental. Así, cuando se trabaja con conocimiento vago e impreciso, tales como gustos y preferencias, no se puede estimar de forma precisa un valor numérico, surge entonces un enfoque más realista como es el uso de etiquetas lingüísticas que utilizan valores entre 0 y 1, pareciéndose más al razonamiento humano en lugar de utilizar valores precisos tales como si/no 0/1, verdadero/falso.

De lo anterior se infiere, que la lógica difusa procura crear aproximaciones matemáticas en la resolución de ciertos tipos de problemas, así como pretende producir resultados exactos a partir de datos imprecisos, por lo cual son particularmente útiles en aplicaciones electrónicas o computacionales. El adjetivo “difuso” aplicado a ellas se debe a que los valores de verdad no-deterministas utilizados tienen, por lo general, una connotación de incertidumbre.

Ahora bien, los valores de verdad asumidos por enunciados aunque no son deterministas, no necesariamente son desconocidos. Por otra parte, desde un punto de vista optimista, lo difuso puede entenderse como la posibilidad de asignar más valores de verdad a los enunciados que los clásicos “falso” o “verdadero”. Así pues, se reitera el hecho que las lógicas difusas son tipos especiales de lógicas multivaluadas, que han tenido aplicaciones de suma relevancia en el procesamiento electrónico de datos.

Una vez presentado algunos referentes al concepto de la lógica difusa, es importante trasladar la aplicación del mismo al contexto de estudio, al respecto del cual es bueno mencionar, que dentro de las instituciones educativas de educación superior, en especial las de corte sin fines de lucro o de capital privado, requiere para el desarrollo de sus procesos académicos seleccionar profesionales universitarios de las diferentes áreas del conocimiento, con el fin de cumplir actividades de docencia, investigación y extensión.

En el caso que se expone, este proceso evaluativo es realizado por personal humano calificado que se encuentra en posiciones directivas dentro de la organización o específicamente en la jefatura de recursos humanos. Este personal en muchos casos manifiesta subjetividades al realizar el proceso de selección, lo que

puede traducirse en imprecisiones o ambigüedades, o quizás en calificar de manera inadecuada las competencias del profesional aspirante al cargo, e implica que este proceso de reclutamiento y selección de personal no es en la actualidad el más adecuado.

En función a esto, en el ámbito específico de la Universidad Valle del Momboy, se requiere seleccionar profesionales universitarios para desempeñarse como personal docente de investigación o extensión, con capacidad y competencia para ocuparse en las funciones universitarias. De allí, se hace necesario que cumplan con una serie de requisitos que son indispensables para realizar dichas funciones en el campo universitario.

Ante esta situación, y siguiendo el objetivo de modelos en ambientes de desarrollo de sistema manejador de una lógica difusa, se requiere describir los grados de los enunciados de salida en términos de los de entrada, esto significa que, el modelo a diseñar debe ser capaz de refinar los grados de veracidad de los enunciados de salida conforme se refinan los de entrada.

Trasladando estos conceptos al ámbito de la Universidad Valle del Momboy, se tendría que los grados de los enunciados en términos de entrada de datos, están dados en la actualidad por unos pasos a saber: entrega del currículum del aspirante a docente universitario en la oficina de recursos humanos, unidad ésta que lo envía a la Facultad correspondiente en función de su área de competencia y su calificación profesional.

En esta última dependencia el currículum es revisado por un equipo de profesores nombrado por el Consejo de Facultad respectivo y, al haber consenso en la revisión, se procesa a enviar su solicitud ante el Vicerrectorado, donde planifican la presentación de una micro-clase en presencia de miembros del personal docente de la Universidad. Una vez presentada la micro-clase, los resultados de ambos procesos (valoración de currículum y micro-clase) son enviados al Consejo Universitario, para la decisión final de aprobar o no el ingreso.

Como se puede observar el problema de toma de decisiones en grupo se puede definir como una situación de decisión, en la que intervienen varios expertos que pueden tener diferentes percepciones o conocimiento sobre el problema y que intentan encontrar la mejor solución, al mismo tiempo suele ocurrir, que los expertos trabajen con información vaga o imprecisa debido a que han de evaluar aspectos cualitativos que difícilmente pueden ajustarse mediante valores numéricos, como el caso específico que aborda este estudio, donde la decisión final pretende seleccionar el “mejor candidato” para desempeñarse en el rol de docente universitario.

Así pues, los sistemas actuales de reclutamiento y selección de personal deben abordar otras propiedades, como el uso de etiquetas lingüísticas que a partir de la aplicación de algunos modelos matemáticos, se puedan valorar los datos de las calificaciones profesionales, en términos de competencia y pertinencia profesional y crear aproximaciones matemáticas para tomar la decisión. Lo que implica

que se pretenda producir resultados exactos a partir de datos imprecisos, para lo cual es particularmente útil la aplicación de lógica difusa.

Cabe preguntarse entonces: ¿Cómo debe ser un modelo de toma de decisiones lingüístico difuso, en grupos bajo consenso, para la selección de profesionales para la actividad docente en la Universidad Valle del Momboy?, ¿Cuáles son las variables de entrada y salida para el modelo de toma de decisiones lingüístico difuso en grupos bajo consenso, que permita la selección de profesionales para la actividad docente en la Universidad Valle del Momboy?, ¿Qué criterios se deben considerar para el diseño de un modelo de toma de decisiones lingüístico difuso en grupos bajo consenso, en función de las variables de entrada y salida?

## **Objetivos de investigación**

**Objetivo General:** Diseñar un modelo de toma de decisiones lingüístico difuso, en grupos bajo consenso, que permita la selección de profesionales para la actividad docente en la Universidad Valle del Momboy.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar las variables de entrada para el modelo de toma de decisiones lingüístico difuso en grupos bajo consenso, que permita la selección de profesionales para la actividad docente en la Universidad Valle del Momboy.
- Establecer las variables de salida para el modelo de toma de decisiones lingüístico difuso en grupos bajo consenso, que permita la selección de profesionales para la actividad docente en la Universidad Valle del Momboy.
- Diseñar el modelo de toma de decisiones lingüístico difuso en grupos bajo consenso, en función de las variables de entrada y salida.
- Probar el modelo de toma de decisiones lingüístico difuso en grupos bajo consenso.

## **Desarrollo del modelo**

La toma de decisiones es un área que está relacionada con gran cantidad de actividades y procesos que las personas realizan habitualmente en sus tareas cotidianas. Un problema de Toma de Decisión en Grupo (TDG) se define como una situación de disposición en la cuál (i) hay dos o más expertos, cada uno de ellos caracterizados por sus propias percepciones, actitudes, motivaciones, conocimiento,..., (ii) los cuáles reconocen la existencia de un problema común, y (iii) que intentan obtener una decisión en común.

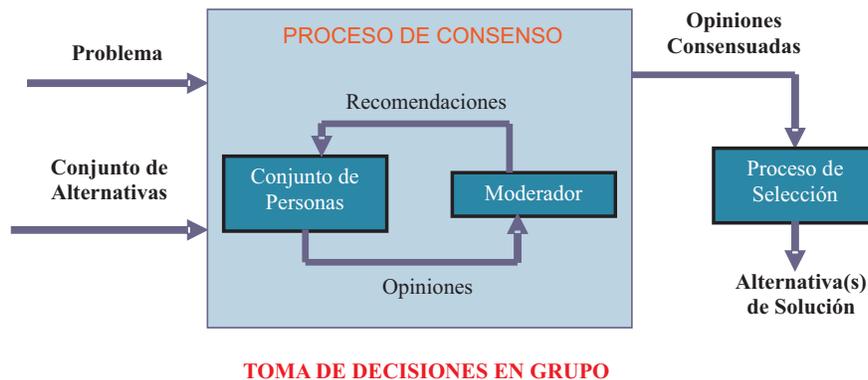
Debido a que la información proporcionada por los principios de razonamiento humano son a menudo vagos e imprecisos, el modelado de estos problemas requiere el uso de estándares de representación adecuados para información imprecisa y operadores de agregación de este tipo de búsqueda, en este sentido, la toma de decisiones en grupo bajo consenso es un proceso que se aplica a situaciones en las que se dedica un tiempo adecuado a la discusión y para problemas que el grupo sienta que requieren de su atención.

### Etapas de la toma de decisión bajo consenso

Para el desarrollo de la investigación Pérez (2005), basándose en lo expuesto por Roubens, (1997), y Herrera (2000) diseñó unas fases metodológicas para el diseño del modelo, las cuales se describen a continuación:

- **Identificación y diagnóstico del problema:** el proceso de toma de decisiones comienza con el reconocimiento de la necesidad, el mismo lo genera un problema o una disparidad entre cierto estado deseado y la condición real del momento (Gráfico 1).

Gráfico 1  
Etapas de la toma de decisión en grupo bajo consenso



Fuente: Pérez 2005.

- **Identificar el conjunto de alternativas:** las personas encargadas de tomar la decisión tienen que confeccionar una lista de todas las alternativas posibles y que podrían utilizarse para resolver el problema.
- **Proceso de consenso:** implica los siguientes pasos:
  1. Un miembro del grupo hace una propuesta. Si es necesario, se discute.
  2. Si otros miembros tienen aprensiones sobre la propuesta, pueden sugerir modificaciones o enmiendas. El proponente intenta acomodar todas las aprensiones que hayan surgido.
  3. Cuando el proponente siente que se ha alcanzado un consenso aproximado, él o ella llama a consenso, preguntando si alguien quiere “hacerse a un lado” o “bloquear” la propuesta. Hacerse a un lado significa “discrepo con algunos aspectos del proyecto pero mi desacuerdo no es lo bastante serio como para justificar bloquearlo”. Un bloqueo funciona como un veto. Es aceptable bloquear una propuesta sólo si crees que ésta viola los principios fundamentales o propósitos del grupo, o pone en peligro la mismísima existencia del grupo.

4. Si la propuesta es bloqueada, el proponente puede bien desecharla o continuar la discusión para poder alcanzar un acuerdo, y luego llamar a consenso nuevamente. En esta etapa los expertos discuten y cambian sus opiniones con el propósito de alcanzar un grado de acuerdo o un consenso apropiado: el moderador se encarga de comprobar el nivel de consenso entre los expertos y en caso necesario sugiere los cambios en las opiniones de los expertos para alcanzar un grado de consenso mayor.

- **Seleccionar la mejor alternativa (proceso de selección):** una vez seleccionada la mejor alternativa, se llega a la toma de decisiones, en el proceso racional. Esta selección es bastante simple; el tomador de decisiones sólo tiene que escoger la alternativa que tuvo la calificación más alta. El tomador de decisiones debe ser totalmente objetivo y lógico a la hora de decidir, tiene que tener una meta clara y todas las acciones en el proceso de toma de decisiones llevan de manera consistente a la selección de aquellas alternativas que maximizarán la meta (Gráfico 2).



Fuente: Pérez 2005.

### Proceso de selección

En el contexto difuso, un problema de TDG puede ser modelado como: un conjunto finito de alternativas,  $X = x_1, \dots, x_n$ , ( $n \geq 2$ ), con un conjunto finito de expertos,  $E = e_1, \dots, e_m$ , ( $m \geq 2$ ). Donde cada experto  $e_k \in E$ , proporciona sus preferencias sobre el conjunto de alternativas,  $X$ , mediante alguna de las siguientes estructuras:

1. Vector de Utilidad: se utiliza un vector donde cada elemento representa la preferencia de cada una de las alternativas propuestas al problema:  $(P_1, \dots, P_n)$  donde  $P^1$  es la preferencia sobre la alternativa  $x_1$ .

2. Relación de preferencia  $P^k$ , con una función de pertenencia  $\mu_{pk}: X \times X \rightarrow U$ , donde  $\mu_{pk}(x_i, x_j) = P_{ij}^k$  denota el grado de preferencia de la alternativa  $x_i$  sobre  $x_j$ . Dependiendo de la naturaleza del universo del discurso de  $U$ . Si  $U = S$  (conjunto de etiquetas lingüísticas).

En este estudio se utilizó relaciones de preferencia lingüística en las que los grados de distinción están valorados mediante etiquetas lingüísticas pertenecientes a un conjunto de etiquetas  $S$ .

Según Roubens, (1997), un proceso de TDG se compone de dos fases:

1. Fase de Agregación: en ésta se combinan las preferencias individuales de los distintos expertos para obtener un valor de preferencia colectiva sobre cada alternativa.
2. Fase de Explotación: en ésta se aplica un criterio de precedencia que ordena los valores de preferencia colectiva. De esta forma se obtiene la alternativa o conjunto de alternativas solución al problema.

## Enfoque lingüístico difuso

Zadeh, (1975), manifiesta que cuando se trabaja con conocimiento vago e impreciso, no se puede estimar de forma precisa un valor numérico. Entonces, un enfoque más realista es el uso de etiquetas lingüísticas en lugar de valores numéricos, es decir, se asume que las variables que participan en el problema son valoradas mediante términos lingüísticos. Este enfoque es apropiado para gran cantidad de problemas, ya que permiten una representación de la información de una forma más directa y adecuada en caso de ser incapaces de expresarla de forma precisa.

Normalmente, dependiendo del dominio del problema, se elige un conjunto de términos lingüísticos adecuado y se utiliza para describir el conocimiento vago o impreciso. El número de elementos en el conjunto de etiquetas determina lo que se denomina la granularidad, es decir, el grado de distinción entre diferentes grados de incertidumbre.

La semántica de las etiquetas lingüísticas (por ejemplo  $S = \{D, MB, B, M, A, MA, E\}$ ) viene dada por números difusos definidos en el intervalo  $[0, 1]$ , los cuales son descritos mediante funciones de pertenencia. Debido a que los términos lingüísticos no son más que aproximaciones dadas por individuos, se puede considerar que el uso de funciones de pertenencia trapezoidales son lo suficientemente buenas como para capturar la vaguedad de las valoraciones lingüísticas, ya que obtener valores más precisos es imposible o innecesario.

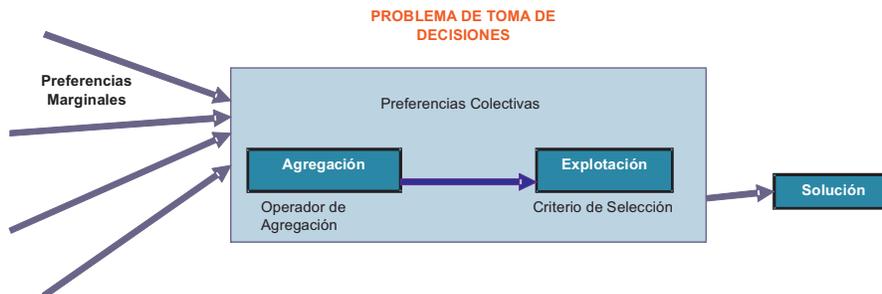
Esta representación se obtiene mediante una 4-tupla  $(a, b, d, c)$ , con  $b$  y  $d$  indicando el intervalo donde la función de pertenencia es 1 y con  $a$  y  $c$  siendo los límites izquierdo y derecho de la función pertenencia. Un caso particular de este tipo de funciones de pertenencia son las triangulares que son aquellas en que,  $b = d$ , por lo que se representan como  $(a, b, c)$ .

## **Modelo lingüístico de toma de decisión en grupo en la resolución de problemas**

La representación del modelo del proceso de Toma de Decisión en Grupo estaría dada por las siguientes fases:

1. Fase de Agregación: en la que se transforma un conjunto de valores de preferencias asociadas a diferentes expertos y/o criterios en un conjunto de valores de preferencia colectiva aplicando un operador de agregación.
2. Fase de Explotación: a partir de los valores de preferencia colectiva y aplicando un criterio de selección se obtiene un conjunto solución. Estos criterios de selección pueden estar basados en el consenso, grados de dominancia o no dominancia y cualquier otro método que nos permita obtener una ordenación de la preferencia colectiva obtenida en la fase de agregación (Gráfico 3).

**Gráfico 3**  
**Modelo de resolución para la toma de decisiones**



Fuente: Pérez 2005.

Los modelos de Toma de Decisión donde la información se presenta mediante preferencias lingüísticas, precisan de un operador de agregación de información lingüística para llevar a cabo la fase de agregación. Herrera (2000) señala que para llevar a cabo estos procesos de agregación existen distintos modelos computacionales: el modelo basado en el principio de extensión y el Modelo Simbólico.

## **Modelo computacional lingüístico basado en el principio de extensión**

El principio de extensión (P.E.) se utiliza para generalizar las operaciones matemáticas a operaciones con conjuntos difusos. El uso de la "aritmética extendida" incrementa la vaguedad de los resultados. Los resultados obtenidos mediante la aritmética difusa son números que normalmente no coinciden con nin-

gún término lingüístico del conjunto inicial de términos, por lo que se debe aplicar un proceso de “Aproximación Lingüística” a los resultados para poder expresarlos en el dominio inicial. Un operador de agregación lingüística basado en el principio de extensión opera tal y como se describe a continuación:

$$S^m \xrightarrow{F} F(R) \xrightarrow{app_1(\cdot)} S$$

donde:

$S^m$ : Representa el producto cartesiano de S.

$F$ : Representa un operador de agregación basado en el principio de extensión.

$F(R)$ : Representa el conjunto difuso sobre el conjunto de números reales R.

$app_1$ : Es una función de aproximación lingüística que devuelve una etiqueta del conjunto de etiquetas S, cuyo significado es el más próximo al número difuso obtenido por F.

## Derivación del modelo de toma de decisiones

La Universidad Valle del Momboy requiere desarrollar un modelo que le permita seleccionar a los profesionales de la docencia con base a criterios académicos, tomando en consideración algunos elementos que permitan al seleccionado llevar a cabo las labores de docencia, investigación y extensión universitaria. Para el desarrollo se utilizó el modelo computacional lingüístico basado en el principio de extensión, ya que el mismo trabaja de forma aproximada y se acerca mucho a la realidad.

Este modelo comprende dos fases:

1. Fase de Agregación: Mediante esta se obtendrá el valor de preferencia colectiva para cada uno de los aspirantes “ $C_j$ ” a partir de la siguiente fórmula:

$$C_j \left[ \sum_{i=1}^m a_{ij}, \sum_{i=1}^m b_{ij}, \sum_{i=1}^m c_{ij} \right] \quad [1]$$

Donde “m” representa el número de expertos del modelo.

Teniendo en cuenta que los valores de la preferencia colectiva obtenidos una vez aplicada la fórmula anterior son conjuntos difusos, y que no se pueden asociar directamente a los valores de las etiquetas del conjunto S, se necesita aplicar un proceso de aproximación lingüística basado en la distancia de Hamming la cual suministra una indicación sobre aquello que diferencia a dos subconjuntos.

La distancia de Hamming entre dos números borrosos, se determinará de la siguiente forma:

$$d(A, C) = \frac{\sum |\mu_{A(x)} - \mu_{C(x)}|}{n} \quad [2]$$

2. Fase de Explotación: a partir de los valores de preferencia colectiva, y aplicando un criterio de selección, se determina si el aspirante debe ingresar o no a la universidad.

Para el desarrollo de el modelo se utilizó: treinta (30) aspirantes, que fueron probados tomando en consideración grupos de quince (15), once (11), siete (7), y cinco (5) personas como jurados evaluadores (o expertos) de cada uno de los rasgos a analizar.

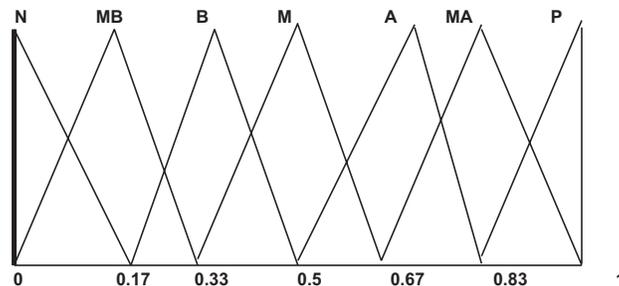
Los aspirantes a ingresar a la Universidad Valle del Momboy se definieron como: **Aspirante 1, Aspirante 2,..., Aspirante N.**

Los expertos definieron las etiquetas lingüísticas de la siguiente manera:

N= Nada (0,0,.17)	A = Alto (.5,.67,83)
MB= Muy Bajo (0,.17,.33)	MA= Muy Alto (.67,.83,1)
B= Bajo (.17,.33,.5)	P= Perfecto (.83,1,1)
M= Medio (.33,.5,.67)	

Gráficamente las relaciones triangulares se muestran en la Gráfico 4.

**Gráfico 4**  
**Representación gráfica de las etiquetas lingüísticas**



Fuente: Pérez 2005.

### **Aspirantes a ingresar en la universidad valle del momboy**

Se definieron los atributos de evaluación que se muestran en la Tabla 1. Seguidamente cada uno de los expertos expresa sus opiniones o valoraciones sobre cada uno de los atributos, teniendo en cuenta el conjunto de etiquetas:  $S = \{N, MB, B, M, A, MA, P\}$ . Los resultados quedan reflejados en la Tabla 2.

Transformado las etiquetas lingüísticas en su equivalencia numérica se obtiene que (Tabla 3):

**Tabla 1**  
**Atributos definidos por los 15 expertos**

Experto 1	P1	Título Universitario
Experto 2	P2	Dominio instrumental o conversacional del idioma Inglés.
Experto 3	P3	Dominio de herramientas Oficemática.
Experto 4	P4	Promedio de notas de la carrera.
Experto 5	P5	
Experto 6	P6	Título de Postgrado.
Experto 7	P7	Experiencia docente.
Experto 8	P8	Trabajos de Investigación.
Experto 9	P9	Publicaciones.
Experto 10	P10	Asistencia a eventos científicos en calidad de Ponente.
Experto 11	P11	Asistencia a eventos científicos en calidad de Participante.
Experto 12	P12	Asistencia a eventos científicos en calidad de Organizador.
Experto 13	P13	Experiencia Laboral (años de Experiencia).
Experto 14	P14	Cargos desempeñados en una Empresa.
Experto 15	P15	Cargos desempeñados en la Academia.

**Tabla 2**  
**Etiquetas Lingüísticas asignadas por los 15 expertos  
para el Aspirante 1**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Aspirante 1	P	M	MA	M	A	A	P	A	P	B	P	P	P	A	MA

**Tabla 3**  
**Funciones triangulares para el aspirante 1 con los 15 expertos**

Aspirante 1	
P1	(0.83,1,1)
P2	(0.33,0.5,0.67)
P3	(0.67,0.83,1)
P4	(0.33,0.5,0.67)
P5	(0.5,0.67,0.83)
P6	(0.5,0.67,0.83)
P7	(0.83,1,1)
P8	(0.5,0.67,0.83)
P9	(0.83,1,1)
P10	(0.17,0.33,0.5)
P11	(0.83,1,1)
P12	(0.83,1,1)
P13	(0.83,1,1)
P14	(0.5,0.67,0.83)
P15	(0.67,0.83,1)

De estos resultados se obtiene para el aspirante 1, aplicando [1], lo siguiente:  
Así pues, las referencias colectivas quedan de la siguiente manera:

$$C_1 = [1/15(.83 + .33 + .67 + .33 + .5 + .5 + .83 + .5 + .83 + .17 + .83 + .83 + .83 + .5 + .67), \\ 1/15(1 + .5 + .83 + .5 + .67 + .67 + 1 + .67 + 1 + .33 + 1 + 1 + 1 + .67 + .83), \\ 1/15(1 + .67 + 1 + .67 + .83 + .83 + 1 + .83 + 1 + .5 + 1 + 1 + 1 + .83 + 1)]$$

**Aspirante 1: C1 = (0.61, 0.78, 0.88)(15 Expertos)**

Tomando en cuenta que estos valores son conjuntos difusos y que no se pueden directamente asociar a los valores de la etiquetas del conjunto S, es necesario aplicar un proceso de aproximación lingüística basado en la distancia de Hamming para cada Cj, aplicado [2]:

$$d(A, C) = \frac{1}{15} [(0.83 - 0.33 - 0.67 - 0.33 - 0.5 - 0.5 - 0.83 - 0.5 - 0.83 - 0.17 - 0.83 - 0.83 - 0.83 - 0.5 - 0.67) + \\ (1 - 0.5 - 0.83 - 0.5 - 0.67 - 0.67 - 1 - 0.67 - 1 - 0.33 - 1 - 1 - 1 - 0.67 - 0.83) + \\ (1 - 0.67 - 1 - 0.67 - 0.83 - 0.83 - 1 - 0.83 - 1 - 0.5 - 1 - 1 - 1 - 0.83 - 1)]$$

El resultado de esta distancia es un número el cual se analizó en  $R^3$  y el punto que resultó del triángulo, se asoció con unos valores de las etiquetas lingüísticas, quedando de la siguiente manera:

$$d(s, C_j) = 1.9 \text{ (15 Expertos)}$$

Llevándolo nuevamente a las etiquetas lingüísticas, al aspirante 1 le corresponde la etiqueta "P".

Una vez aplicado el modelo se puede concluir que:

	<b>Distancia de Hamming</b>	<b>Etiqueta Lingüística</b>	<b>Decisión</b>
Aspirante 1	1.9	P	Ingresa

Los resultados de los aspirantes demuestran que el 63% caen en la etiqueta lingüística (EL) perfecto, el 27% en la (EL) muy alto, y el 10% en la (EL) alto, tal como se observa el Gráfico 1.

Realizando el mismo proceso, esta vez con 11 expertos, se definieron los atributos que muestra la Tabla 4. Los expertos expresaron las valoraciones como lo muestra la Tabla 5.

**Tabla 4**  
**Atributos de cada uno de los 11 Expertos**

Experto 1	P1	Dominio instrumental o conversacional del idioma Inglés
Experto 2	P2	Dominio de herramientas Oficemática
Experto 3	P3	Promedio de notas de la carrera
Experto 4	P4	Promedio de calificaciones de las Materias del área de concurso
Experto 5	P5	Título de Postgrado
Experto 6	P6	Experiencia docente
Experto 7	P7	Trabajos de Investigación
Experto 8	P8	Publicaciones
Experto 9	P9	Experiencia Laboral (años de Experiencia)
Experto 10	P10	Cargos desempeñados en una Empresa
Experto 11	P11	Cargos desempeñados en la Academia

**Tabla 5**  
**Etiquetas Lingüísticas asignadas por los 11 Expertos  
al Aspirante 1**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Aspirante 1	M	MA	M	A	A	P	A	P	P	A	MA

**Tabla 6**  
**Funciones Triangulares para el aspirante 1 con los 11 expertos**

Aspirante 1	
P1	(0.33,0.5,0.67)
P2	(0.67,0.83,1)
P3	(0.33,0.5,0.67)
P4	(0.5,0.67,0.83)
P5	(0.5,0.67,0.83)
P6	(0.83,1,1)
P7	(0.5,0.67,0.83)
P8	(0.83,1,1)
P9	(0.83,1,1)
P10	(0.5,0.67,0.83)
P11	(0.67,0.83,1)

**Aspirante 1:  $C1 = (0.59, 0.76, 0.88)$  (11 Expertos)**

**$d(s,Cj) = 1.9$  (11 Expertos)**

Llevando el resultado anterior a su correspondiente etiqueta lingüística, se obtiene que al aspirante 1 le corresponde la etiqueta "P".

Una vez aplicado el modelo se puede concluir que:

	Distancia de Hamming	Etiqueta Lingüística	Decisión
Aspirante 1	1.9	P	Ingresar

Los resultados de los aspirantes demuestran que el 74% caen en la etiqueta lingüística (EL) perfecto, el 13% en la (EL) muy alto, el 10% en la (EL) alto, y el 3% en la (EL) medio, tal como se observa en el Gráfico 3.

En este escenario, los aspirantes con posibilidad de ingresar a la Universidad corresponde al 97% mientras los que no tienen posibilidad de ingresar corresponde al 3%, tal como lo muestra el Gráfico 4.

Nuevamente se realizó el proceso anterior, esta vez con 7 expertos, que valoraron los atributos definidos en la Tabla 7, obteniendo como resultado las valoraciones que se observan en la Tabla 8.

**Tabla 7**  
**Atributos de cada uno de los 7 expertos**

Experto 1	P1	Dominio instrumental o conversacional del idioma Inglés
Experto 2	P2	Promedio de notas de la carrera
Experto 3	P3	Titulo de Postgrado
Experto 4	P4	Experiencia docente
Experto 5	P5	Trabajos de Investigación
Experto 6	P6	Publicaciones
Experto 7	P7	Cargos desempeñados en la Academia

**Tabla 8**  
**Etiquetas Lingüísticas asignadas por los 7 expertos para el Aspirante 1**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Aspirante 1	M	M	A	P	A	P	MA

Las referencias colectivas usando [1]:

**Aspirante 1: C1 = (0.57, 0.74, 0.86) (7 Expertos)**

La distancia de Hamming calculada usando [2], resulta:

**d(s,Cj) = 1.74 (7 Expertos)**

Llevándolo nuevamente a las etiquetas lingüísticas se obtiene que al aspirante 1 le corresponde la etiqueta "P".

Una vez aplicado el modelo se puede concluir que:

	<b>Distancia de Hamming</b>	<b>Etiqueta Lingüística</b>	<b>Decisión</b>
Aspirante 1	1.74	P	Ingresar

Los resultados de los aspirantes demuestran que el 29% caen en la etiqueta lingüística (EL) perfecto, el 20% en la (EL) muy alto, el 7% en la (EL) nada, el 7% en la (EL) bajo, el 20% en la (EL) alto, y el 17% en la (EL) medio.

Los aspirantes con posibilidad de ingresar a la Universidad corresponde al 70% mientras los que no tienen posibilidad de ingresar corresponde al 30%. Llevándolo nuevamente a las etiquetas lingüísticas, le corresponde al aspirante 1 la etiqueta “P” y se concluye que:

	<b>Distancia de Hamming</b>	<b>Etiqueta Lingüística</b>	<b>Decisión</b>
Aspirante 1	1.4	P	Ingresar

Los resultados de los aspirantes demuestran que el 52% caen en la etiqueta lingüística (EL) perfecto, el 17% en la (EL) muy alto, el 7% en la (EL) bajo, y el 17% en la (EL) alto, y el 7% en la (EL) nada.

Los aspirantes con posibilidad de ingresar a la Universidad corresponde al 87% mientras los que no tienen posibilidad de ingresar corresponde al 13%.

En síntesis el uso del enfoque lingüístico difuso facilita la valoración de los aspirantes, donde los atributos a calificar presentan aspectos que son difícilmente valorables de forma precisa, en función a esto, los resultados de la aplicación del modelo tomando como base diferente número de experto, determinó que a menor número de expertos, se hacen más precisos los atributos a evaluar por lo tanto, la referencia colectiva se hace menos difusa, lo que sugiere que las valoraciones de la distancia de Hamming que refleja la diferencia entre los atributos de los aspirantes, son más representativas, lo que facilita el proceso de toma de decisiones.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

Al desarrollar el presente trabajo de investigación, es importante partir del hecho que la lógica difusa es una teoría que trata de incorporar a los sistemas de ingeniería el conocimiento humano y tiene como objetivo elaborar razonamientos aproximados a partir de premisas imprecisas, esto se logra en función a la lógica difusa (LD) ofrece una posibilidad debido a su habilidad para procesar simultáneamente la información “subjética” proveniente de expertos y la información “objetiva” recopilada mediante datos.

Para diseñar un modelo de toma de decisiones lingüístico difuso, en grupos bajo consenso, que permita la selección de profesionales para la actividad docente en la Universidad Valle del Momboy, se desarrollaron las siguientes fases:

1. Se identificaron las variables de entrada que permiten la selección de profesionales para la actividad docente en la Universidad Valle del Momboy, las cuales fueron definidas en los atributos de los expertos, en las que se trabaja con conocimiento vago e impreciso, para ello utiliza etiquetas lingüísticas en lugar de valores numéricos, en función a esto se definieron 7 etiquetas lingüísticas: nada (N) muy bajo (MB), bajo (B), medio (M), alto (A), muy alto, (MA), perfecto (P), a las cuales se les asignó un valor arbitrario comprendido entre 0 y 1. Además, se definieron los criterios a considerar para la selección del personal docente.

2. Las variables de salida para el modelo de toma de decisiones lingüístico difuso en grupos bajo consenso, fueron establecidas en ingreso o no ingreso.

3. Para probar el modelo de toma de decisiones lingüístico difuso en grupos bajo consenso, se utilizaron varios expertos (15, 11, 7, 5) y se desarrolló una interfaz utilizando como lenguaje de programación Matlab.

Un aporte importante del trabajo es que luego de abordar el tema y la revisión de algunos autores, se logró establecer un abordaje metodológico en la cual se combina optimización de objetivos (toma de decisión) y la programación multicriterios (etiquetas lingüísticas) con el fin de generar un marco para desarrollar el modelo de toma de decisiones, lingüístico difuso en grupos bajo consenso. De esta manera la metodología propuesta combina objetivos difusos para definir el espacio de búsqueda y evaluar el grado de satisfacción de las alternativas así definidas con respecto a criterios adicionales que podrían estar sujetos a imprecisión debido a la naturaleza interdisciplinaria de los problemas de selección de recursos humanos.

Luego de probar el modelo con diferente número de expertos se determinó que se puede aplicar en situaciones donde existan dos o más atributos y la decisión deba ser tomada por dos o más expertos, siendo la óptima en el caso objeto de estudio la tomada por siete expertos.

En síntesis, el uso del enfoque lingüístico difuso facilita la valoración donde las alternativas a calificar presentan aspectos que son difícilmente evaluables de forma precisa. Por tanto, se puede decir que en aquellos problemas de Toma de Decisiones en contextos relacionados con la selección de profesionales universitarios donde el conocimiento es difícil de expresar mediante valoraciones precisas el uso del Enfoque Lingüístico Difuso se muestra como una herramienta útil ya que se obtienen buenos resultados.

## Referencias Bibliográficas

- Bonissone, P.; Decker S. (1986). **Selecting uncertainty calculi and granularity: An experiment in trading-off precision and complexity.** Uncertainty in Artificial Intelligence, p.p. 217-247.
- Bourguet Díaz, R.E.; Soto Rodríguez, R. (2003). **Modelación de sistemas complejos con dinámica de sistemas y lógica difusa.** Mexico: Mc Graw Hill.
- González-Morcillo, C.; Jiménez, L. (2004). **Aplicación de lógica difusa en sistemas de captura del movimiento.** Página Web en Línea Disponible en: <http://www.infr.uclm.es/www/cglez/pin8/Pin8Setup.exe> Consulta: junio 2005
- Gonzalez-Morcillo, C. Jiménez, L. **Mejora de un Sistema de Captura de Movimiento mediante modelos teóricos y algoritmos de Inteligencia Artificial: Proyecto Pin8.** Página Web en Línea Disponible en: <http://www.infr.uclm.es/www/cglez/pin8/Pin8Setup.exe> Consulta: junio 2005.
- Gutierrez, J.D. et al. (2004). **Lógica difusa como herramienta para la bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá Colombia.** Departamento de Biología, Universidad Nacional De Colombia, Bogotá, Colombia. [jdgtierrez@unal.edu.co](mailto:jdgtierrez@unal.edu.co) Revista electrónica Gutiérrez *et* Caldasia 26(1) 2004: 161-172 Consulta: junio 2005
- Herrera, F.; Martínez, L.A (2000). **2-Tuple Linguistic Representation Model for Computing with Words.** IEEE Trans. On Fuzzy Systems. (December pp 746-752.)
- Hines J.W. (1997). **Fuzzy and Neural Approaches in Engineering.**
- Hines, J.W. (1997). **Fuzzy and neural approaches in engineering.** New york: A Willey –interscience publication
- Klir George, J. (2006). **Uncertainty and Information.**
- Mamdani, E.H.; Assilian, S. **An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller, Int.** Página Web en Línea J. Man-Mach, Studies, 7, 1-13, 1975. Disponible en: <http://www.infr.uclm.es/www/cglez/pin8/Pin8Setup.exe> Consulta: junio 2005
- MARTÍNEZ B. F.C. (2003). **Aplicación de indicadores de lógica difusa a la estimación de parámetros hidrológicos. Aplicación al acuífero de planicie aluvial del río Motatan.**
- Moreno-García, L.; Jimenez, J.J.; Castro-Scecz, L.; Rodríguez, (2004). **A linguistic modelling approach for dynamic systems by using Temporal Fuzzy Models, Subm. to Int. Journal of Approximate Reasoning, 2004.** Página Web en Línea Disponible en: <http://www.infr.uclm.es/www/cglez/pin8/Pin8Setup.exe> Consulta: junio 2005.

- Medina C.; Espinosa M. (2003). **La toma de decisiones en un mundo posmoderno: de la racionalidad al caos.** Revista Gestión y estrategia Edición Internet Profesores Investigadores del Departamento de Administración de la UAM-Azcapotzalco.
- Montbrun De Di Filippo, J. (2003). **Uso de la Lógica Difusa como Metodología de Modelaje. El Cálculo de la Caída de Presión en Sistemas Bifásicos.** Trabajo de ascenso. Universidad Simón Bolívar. Caracas Venezuela.
- Pavesi P. (1998). **Modelo de Cálculo Decisorio**, Mimeo, México, CIDE.
- Roubens, M. (1997). **Fuzzy sets and decision analysis. Fuzzy Sets and Systems 90.** pp 199-206. European Journal of Operational Research, 139.
- Roubens, M. (2002). **Fuzzy sets and decision analysis.** Fuzzy Sets and Systems 90. European Journal of Operational Research, pp 166-177.
- Zadeh, L.A. (1975). The concept of a linguistic variable and its applications to approximate.
- Zadeh, L.A. (1997). Fuzzy and Neural Approaches in Engineering.