

Lógica difusa aplicada a la evaluación del desempeño

Carmen Lozano
Universidad La Salle México, Ciudad de México

Artículo de investigación

Recibido: 14 de octubre de 2017

Aceptado: 29 de diciembre de 2017

Disponible en línea: 14 de junio de 2019

Resumen

El objetivo de este artículo es proponer una herramienta de evaluación del desempeño basada en competencias con aplicación de la lógica difusa para el análisis de los resultados obtenidos. Se expone una metodología que incluye nuevos grados de evaluación de competencias utilizando etiquetas lingüísticas. Se propone el uso de la distancia de Hamming entre conjuntos difusos como una herramienta que permite determinar tanto el perfil del empleado sujeto de evaluación como el perfil del puesto de trabajo. El principal resultado es nuevo método para confrontar el perfil de la persona sujeta a evaluación y el perfil del puesto de trabajo basado en lógica difusa.

Palabras clave: *Desempeño, Evaluación 360°, Competencias, Conjunto difuso, Distancia de Hamming.*

Application of fuzzy logic for performance evaluation

Abstract

This article focuses on performance evaluation based on competences with application of fuzzy logic for the analysis of the obtained results. This work presents a methodology that includes new grades of competence evaluation using linguistic labels. The proposed approach is based on Hamming distance between fuzzy sets, which allows determine both the profile of the employee subject to evaluation and the requirement profile of the job. The main result is a new method for a reliable comparison both the profile of the employee subject to evaluation and the requirement profile of the job, based on fuzzy logic.

Key words: *Performance, 360-Degree Assessment, Competences, Fuzzy set, Hamming distance.*

1 Introducción

Para cualquier empresa, la correcta selección del personal es fundamental para su éxito. Este proceso de selección se debe desarrollar de forma tal que el personal satisfaga las necesidades que el puesto de trabajo requiere. Una vez que la empresa ha logrado satisfactoriamente este proceso, surge la pregunta ¿el empleado contratado es el adecuado en el puesto de trabajo? Surge la necesidad de saber si los empleados están aportando de manera positiva a la empresa u organización. Para conocer la respuesta es necesario poder evaluar el desempeño de éstos. La evaluación del desempeño es de suma importancia ya que permite conocer el desempeño de un empleado en su puesto de trabajo, y con ello la empresa puede detectar áreas de oportunidad a fin de implementar estrategias organizacionales. Según Chiavenato (1999), la evaluación de desempeño es una apreciación sistemática del desempeño de cada persona en el cargo o del potencial de desarrollo futuro. Por su parte, Gil, Ruiz y Ruiz (1997) mencionan que la evaluación del desempeño supone una herramienta al servicio de la persona, con una concepción más responsable de su trabajo y de la empresa, para la optimización de recursos. Es también una técnica para apreciar sistemáticamente, dentro de la mayor objetividad posible, la actuación de una persona durante un determinado tiempo, en relación con su trabajo actual y sus características personales, así como su contribución a objetivos previstos.

Existen diferentes métodos y técnicas para realizar una evaluación del desempeño de un empleado. Sin embargo, al igual que otros procesos, realizar una evaluación del desempeño no es tarea fácil. Martha Alles (2005) sugiere que para determinar la adecuación persona-puesto se puede confrontar el perfil de un puesto con el de la persona evaluada. Por lo que es importante determinar adecuadamente el perfil de un puesto de trabajo y el proceso de evaluación de un empleado. En este trabajo se considerará la evaluación por competencias de 360° propuesta por Martha Alles (2005). La herramienta 360° es un sistema de evaluación de desempeño integral, donde la persona es evaluada por todo su entorno: jefes, pares, subordinados, proveedores, clientes, etc. La evaluación por competencias ofrece múltiples ventajas (Capuano, 2004):

- La persona obtiene más información sobre su desempeño.
- La evaluación es anónima y consecuentemente más honesta.
- La evaluación proporciona a los individuos una mejor comprensión de sus perspectivas, permitiéndoles visualizar sus fortalezas y debilidades más claramente.
- Al conocer los resultados de la evaluación, los empleados pueden enfocar su esfuerzo en las áreas de oportunidad detectadas.
- El evaluado puede visualizar sus expectativas de éxito con mayor precisión.
- La evaluación propicia una mejor comunicación entre los empleados y el supervisor.
- El número de evaluadores incide directamente en la fiabilidad de la evaluación.
- La evaluación permite identificar necesidades de capacitación en los individuos sujetos de estudio.
- Los resultados y comentarios resultantes de la evaluación proporcionan una retroalimentación a los individuos sobre su desempeño.

Dentro de los métodos tradicionales para evaluar el desempeño se dividen entre los basados en el desempeño pasado y los que basan en el desempeño a futuro. Se mencionan los métodos de escalas de puntuación, de selección forzada, de registro de acontecimientos críticos, evaluaciones psicológicas, autoevaluaciones (Giraldo, 2004). Además de otros inconvenientes que se presentan a la hora de realizar una evaluación: carencia de normas, criterios subjetivos o poco realistas, falta de acuerdo en las responsabilidades y criterios de desempeño entre el evaluado y el evaluador, errores del evaluador, etc., (Alles 2005). No obstante, con frecuencia los resultados de la aplicación de este tipo de métodos no son los esperados, haciendo necesario un método que admita subjetividad (que es parte de la naturaleza humana) y que permita medir acertada y objetivamente los resultados obtenidos. La definición del perfil requerido para un puesto de trabajo varía según la empresa. Entonces, las competencias y características que se consideran para la evaluación 360° se deben diseñar acorde al puesto de trabajo, ya que lo contrario podría llevar a resultados erróneos. Las rúbricas de evaluación que se emplean proporcionan información relevante sobre el empleado, por lo que es importante contar con una herramienta objetiva para el análisis de los resultados.

La lógica difusa (fuzzy logic) es una herramienta matemática que permite trabajar con información que es imprecisa y no está bien definida. En otras palabras, la lógica difusa permite trabajar con datos numéricos, pero también con términos lingüísticos que, muchas veces son más fáciles de entender para el razonamiento humano. Es por esto que se propone el uso de lógica difusa como una herramienta para tratar información subjetiva inherente al proceso de evaluación del desempeño de un individuo.

Para obtener la evaluación de la persona se propone emplear rúbricas con etiquetas lingüísticas. Esto facilitará la valoración sobre los criterios en los que la empresa centrará su atención para evaluar el desempeño de un empleado. Con la información obtenida de las rúbricas se construirá un conjunto difuso para cada uno de los individuos sujetos de evaluación (Canos, Liern, 2008). De igual forma se construirá un conjunto difuso con el perfil del puesto de trabajo, el cual es determinado a priori por la empresa. Posteriormente, se confrontará el perfil del puesto de trabajo con el de la persona evaluada utilizando la distancia de Hamming entre conjuntos difusos. Es decir, se determinará la distancia que existe entre la persona sujeta de evaluación y el perfil del puesto requerido a fin de determinar qué tan lejos se encuentra el empleado evaluado del puesto requerido. En adelante se utilizará el término empleado ideal para referirse al perfil del puesto de trabajo que posee el individuo sujeto de evaluación.

2 Conceptos básicos de lógica difusa

Existen diferentes métodos empleados en la selección de personal: regresión lineal múltiple, psicología, programas computacionales, etc. (Canos, Liern, 2008; Cascio, 1982; Cuadro, 1990). En general estos modelos consideran datos ciertos, datos estadísticos o datos obtenidos a partir de la aplicación de leyes probabilísticas. Cuando existe ambigüedad en la información es útil recurrir a otro tipo de herramientas matemáticas: la lógica difusa (Buckley, Yan, 2000; Zadeh, 1965).

La lógica difusa, al igual que otras herramientas computacionales, ha sido utilizada frecuentemente en problemas de optimización asociados a procesos de toma de decisiones (O'Hagan, 1994). Sin embargo, en este artículo utilizaremos la distancia de Hamming (Hamming, 1950) entre conjuntos difusos (Jeffrey, 2009) para determinar el parecido de un sujeto de evaluación con el empleado ideal, calculando. Los conjuntos difusos son generalizaciones de los conjuntos clásicos. En lógica clásica un objeto o elemento pertenece o no a un conjunto. La lógica difusa permite que un elemento pertenezca a diversos conjuntos. Para cada conjunto existe un grado de verdad de que un objeto pertenezca a un conjunto difuso.

En lenguaje matemático, sea X un conjunto universal o referencial y A un subconjunto de X . La función de pertenencia $\mu_A : X \rightarrow [0,1]$ indica el grado de pertenencia de un elemento x al conjunto A , i.e., $\mu_A(x) = r$ significa que r es el grado en que x pertenece a A . Si $\mu_A = 0$, el elemento x no pertenece al conjunto A y si $\mu_A(x) = 1$, el elemento pertenece totalmente al conjunto A (Saad, Ahmad, Abu, Jusoh, 2014). La elección de la función de pertenencia depende del contexto, la aplicación, el usuario, etc. No obstante, se suelen elegir funciones sencillas como las triangulares (2) y las trapezoidales para facilitar los cálculos. Un conjunto difuso tiene la siguiente representación

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) : x \in X\} \quad (1)$$

Si X es un conjunto universal finito, i.e., $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ se tiene:

$$\tilde{A} = \{(x_1, \mu_A(x_1)), (x_2, \mu_A(x_2)), (x_3, \mu_A(x_3)), \dots, (x_n, \mu_A(x_n))\}.$$

Un caso especial de los conjuntos difusos son los números difusos. Un conjunto difuso A se llama número difuso si es convexo y existe exactamente un punto $m \in X$ con $\mu_A(m) = 1$. Aquí un conjunto difuso A es convexo si cumple la siguiente propiedad:

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min\{\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)\}, \text{ para todo } x_1, x_2 \in X \text{ y } \lambda \in [0,1].$$

Un número triangular difuso está determinado por tres parámetros definidos en una terna (a_1, a_2, a_3) , con la propiedad $a_1 < a_2 < a_3$ y $x = a_2$ como el pico del triángulo. La correspondiente función de membresía se representa por:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ \frac{a_3-x}{a_3-a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x > a_3. \end{cases} \quad (2)$$

La gráfica de la función de membresía para el número triangular difuso aparece en la Figura 1.

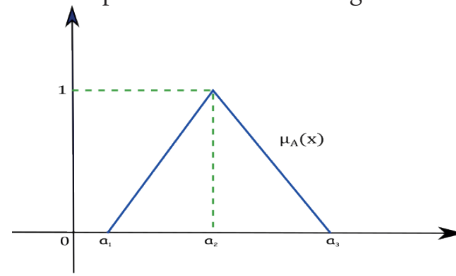


Figura 1 Gráfica de $\mu_A(x)$

Cuando el valor de $\mu_A(x)$ ha sido dado por uno o varios expertos, se puede generalizar el conjunto difuso tomando una función de pertenencia intervalo-valorada. Sea $L([0,1])$ el conjunto de todos los subintervalos cerrados en $[0,1]$. Un conjunto ϕ -difuso o conjunto difuso intervalo-valorado es un conjunto de la forma $\tilde{A}^\phi = \{(x, \mu^\phi(x)) : x \in X\}$, donde la función de membresía, $\mu^\phi : X \rightarrow L([0,1])$ es de la forma $\mu^\phi(x) = [a_x^1, a_x^2]$. Observe que un número triangular difuso (a_1, a_2, a_3) puede escribirse como el conjunto difuso intervalo-valorado:

$$\tilde{A}^\phi = \{(x, [\mu_A(x), \nu_A(x)]) : x \in X\},$$

donde las funciones $\mu_A, \nu_A : X \rightarrow [0,1]$ están dadas de la siguiente forma:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1, \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2, \\ 0, & x > a_2, \end{cases}$$

$$\nu_A(x) = \begin{cases} \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3, \\ 0, & x > a_3. \end{cases}$$

Las operaciones aritméticas con números difusos se establecen de la siguiente forma. Sean $A = (a_1, a_2, a_3)$ y $B = (b_1, b_2, b_3)$ dos números triangulares difusos la suma está dada por:

$$A + B = (a_1, a_2, a_3)(+)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3).$$

Si k es un número real, entonces $k(\cdot)A = (ka_1, ka_2, ka_3)$. Estas operaciones dan como resultado números triangulares difusos.

Como se mencionó anteriormente, se calculará la distancia entre los conjuntos difusos que guardan la información de las personas sujetas de evaluación y el empleado ideal. Por medio de un conjunto de la forma dada en la Ecuación 1 se representará al perfil del empleado sujeto de evaluación para determinar su distancia al empleado ideal. Una distancia es una función no negativa con las siguientes propiedades:

1. $d(x,y) \geq 0$ y $d(x,y) = 0$ si y sólo si $x = y$.
2. $d(x,y) = d(y,x)$
3. $d(x,y) \leq d(x,z) + d(z,y)$, para cualesquiera $x, y, z \in X$.

Existe una infinidad de distancias entre elementos y conjuntos. Sin embargo, para este trabajo se empleará la distancia de Hamming (Jeffrey, 2009) para conjuntos difusos intervalo-valuados. Sea X un conjunto universal finito $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, se define la distancia de Hamming para conjuntos ϕ -difusos de la siguiente manera.

Definición. Dados dos conjuntos ϕ -difusos, \tilde{A}^ϕ y \tilde{B}^ϕ , con funciones de pertenencia $\mu_{\tilde{A}^\phi}^\phi(x) = [a_x^1, a_x^2]$ y $\mu_{\tilde{B}^\phi}^\phi(x) = [b_x^1, b_x^2]$, respectivamente, la distancia de Hamming se define como

$$d(\tilde{A}^\phi, \tilde{B}^\phi) := \frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n |\mu_{\tilde{A}^\phi}^\phi(x_j) - \mu_{\tilde{B}^\phi}^\phi(x_j)| = \frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n (|a_{x_j}^1 - b_{x_j}^1| + |a_{x_j}^2 - b_{x_j}^2|). \quad (3)$$

3 Planteamiento del problema

La evaluación del desempeño al igual que la selección de personal requiere de una evaluación correcta de las personas para identificar y desarrollar todo su potencial. La herramienta de evaluación que se propone relaciona la subjetividad del individuo con un proceso formal que las empresas pueden implementar para evaluar a sus empleados. En virtud de que la evaluación del desempeño es un proceso que se aplica en numerosas ocasiones, es importante contar con un método apropiado para esta tarea. El objetivo que se persigue en esta sección es ilustrar la aplicación de la lógica difusa a la evaluación del desempeño por competencias de 360°.

Como se mencionó anteriormente X denotará al conjunto referencial, que, en este caso, corresponde al conjunto de n elementos de competencias a evaluar de un empleado P :

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}.$$

Se considerará un conjunto de p evaluadores que denotaremos por $Eval = \{E_1, E_2, \dots, E_p\}$. Observe que en la evaluación 360° los posibles evaluadores son los clientes, empleados, miembros del equipo, supervisores, manager, la empresa (Alles, 2005). Para realizar la evaluación, se propone que cada evaluador utilice las etiquetas lingüísticas (que aparecen en la rúbrica de la Figura 3) para facilitar este proceso de evaluación.

Evaluación por competencias

Evaluado

Evaluador: (autoevaluación, subordinado, par, supervisor, cliente, etc.)

Indicaciones: Señale con una "x" la ponderación en la competencia indicada.

Competencias	excelente	muy bueno	bueno	regular	malo	muy malo	terrible
Cardinales							
Integridad							
Liderazgo							
Empoderamiento							
Iniciativa							
Específicas							
Orientación al cliente							
Orientación a los resultados							
Trabajo en equipo							
Desarrollo de las personas							
Modalidad de contacto							
Adaptabilidad al cambio							

Figura 2: Ejemplo de rúbrica de evaluación con etiquetas lingüísticas

En consecuencia, empleado sujeto de evaluación (que llamaremos P) recibirá la evaluación de p evaluadores en cada una de las n competencias. Cada evaluación se realizará por medio de la rúbrica propuesta en la Figura 2. Para cada etiqueta lingüística se construye un número triangular difuso. Con esto, tendremos n competencias evaluadas por p expertos, esto es, para el empleado P , tendremos np números triangulares difusos de la forma:

$$\{(a_j^k, b_j^k, c_j^k) : 1 \leq j \leq n, 1 \leq k \leq p\} \quad (4)$$

Obsérvese que este conjunto posee la información dada por cada uno de los evaluadores. A partir de estos números triangulares se construirá, para cada competencia, otro número triangular difuso $\tilde{x}_j = (a_j, b_j, c_j)$. Cada elemento de la terna \tilde{x}_j corresponde al promedio de los elementos de los números triangulares difusos dados en la Ecuación 4. Esto es,

$$a_j = \frac{\sum_{k=1}^p a_j^k}{p}, b_j = \frac{\sum_{k=1}^p b_j^k}{p} \quad \text{y} \quad c_j = \frac{\sum_{k=1}^p c_j^k}{p}. \quad (5)$$

Repetiendo este proceso para todas las competencias x_j se obtienen n nuevos números triangulares difusos y en consecuencia el conjunto ϕ -difuso para empleado P :

$$\tilde{P}^\phi = \{\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n\}.$$

Se denotará por $\mu_{\tilde{x}_j} = (i = 1, \dots, n)$ a la función membresía de \tilde{x}_j definida en (2). El conjunto ϕ -difuso \tilde{P}^ϕ corresponde al perfil del empleado P . En este punto cada número triangular difuso se construyó con la información proporcionada por los evaluadores.

Generalmente, para un puesto de trabajo las competencias están agrupadas por niveles de exigencia. En este caso se procederá a obtener un único número triangular difuso para el empleado P sacando el promedio ponderado de todas las evaluaciones realizadas. El promedio ponderado para números triangulares difusos (a_j, b_j, c_j) , $j = 1, \dots, n$ con nivel de exigencia w_j se define de la siguiente forma:

$$\frac{w_1(\cdot)(a_1, b_1, c_1)(+)w_2(\cdot)(a_2, b_2, c_2)(+)\cdots(+w_n(\cdot)(a_n, b_n, c_n)}{w_1 + w_2 + \cdots + w_n} \quad (6)$$

El perfil del empleado ideal corresponde al perfil del puesto de trabajo, que es determinado a priori por la empresa por lo que no es un sujeto de evaluación.

Se construye de forma similar el conjunto difuso que posee las características deseables para el puesto de trabajo que corresponde al empleado ideal, pero en este caso se tendrá únicamente un evaluador (empresa):

$$I_j^\phi = \{(a_j, b_j, c_j) : 1 \leq j \leq n\}.$$

En otras circunstancias podría ocurrir que el puesto de trabajo requiera ser evaluado por distintas personas, en cuyo caso se tendría un conjunto de la forma dada por la Ecuación 4. Para distinguir al empleado ideal de los otros casos denotaremos al conjunto difuso que representa las competencias requeridas para el puesto de trabajo por

$$\tilde{I}^\phi = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}.$$

Se denotará por $\mu_{I_j}^\phi$ ($i = 1, \dots, n$) a la correspondiente función de membresía de I_j definida en (2). Por último, se determinará el parecido entre el ideal y el sujeto de evaluación mediante la distancia de Hamming (Buckley, Yan, 2000):

$$d(\tilde{P}^\phi, \tilde{I}^\phi) = \frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n |\mu_{\tilde{x}_j}^\phi(x_j) - \mu_{I_j}^\phi(x_j)|.$$

4 Aplicación

Es importante definir los rangos de valores de las variables difusas (etiquetas lingüísticas) para cada una de las competencias que serán evaluadas. En algunos casos se considera que los grados de una competencia pueden realizarse como A: Alto, B: Bueno, por encima del estándar, C: Mínimo necesario para el puesto (dentro del perfil requerido), D: insatisfactorio (nivel mínimo) (Alles, 2005). En virtud de que las personas están preparadas para realizar estimaciones cualitativas (Szlovits, Pauker; 1978) más que estimaciones numéricas, para ilustrar el ejemplo se proponen las etiquetas lingüísticas (Figura 3): alto, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo, terrible. Se permitió que para cada etiqueta lingüística fueran asignados valores numéricos en el intervalo $[0, 100]$. Para obtener resultados en el intervalo $[0, 1]$ se normaliza, es decir, los resultados finales se dividen entre 100.

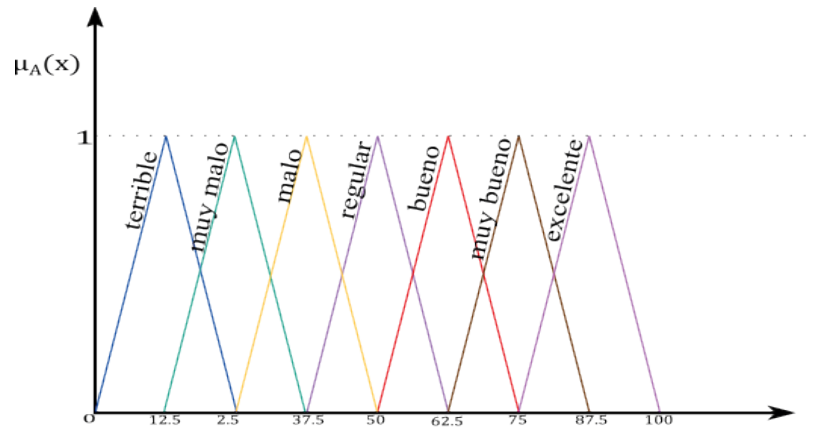


Figura 3: Gráfica de $\mu_A(x)$ con las etiquetas del Cuadro 1

Más aún, en la Figura 3 se muestra la gráfica de cada función de membresía triangular $\mu_A(x)$. Cada triángulo de diferente color representa un intervalo, que corresponde a una etiqueta lingüística diferente. El dominio e imagen de la función de membresía son $Dom(\mu_A) = [0, 100]$ e $I_m(\mu_A) = [0, 1]$.

En el Cuadro 1 se muestran los intervalos que corresponden a cada etiqueta lingüística propuesta.

Etiqueta	Intervalo
<i>excelente</i>	$(75, 100)$
<i>muy bueno</i>	$(62.5, 87.5)$
<i>bueno</i>	$(50, 75)$
<i>regular</i>	$(37.5, 62.5)$
<i>malo</i>	$(25, 50)$
<i>muy malo</i>	$(12.5, 37.5)$
<i>terrible</i>	$(0, 25)$

Cuadro 1: Intervalos correspondientes a sus etiquetas lingüísticas

Ahora, se construirán los números triangulares difusos. Se califica cada competencia de la persona sujeta de evaluación con las etiquetas mostradas en el Cuadro 1. Con los intervalos abiertos definidos en el Cuadro 1 se construyen los números triangulares difusos definidos en el Cuadro 2 que corresponden a cada una de las etiquetas lingüísticas.

Etiqueta	Número triangular difuso
excelente	$(75, 87.5, 100)$
muy bueno	$(62.5, 75, 87.5)$
bueno	$(50, 62.5, 75)$
regular	$(37.5, 50, 62.5)$
malo	$(25, 37.5, 50)$
muy malo	$(12.5, 25, 37.5)$
terrible	$(0, 12.5, 25)$

Cuadro 2: Números triangulares difusos correspondientes a las etiquetas lingüísticas

Las gráficas de las funciones de membresía triangulares correspondientes a los números triangulares difusos están dadas por la Figura 3.

Considere el ejemplo de un gerente de zona (Alles, 2005). Las competencias que se requieren son diez, clasificadas en dos grupos: competencias cardinales y competencias específicas del puesto de trabajo. La definición de cada competencia se puede encontrar en el diccionario de competencias (ver Anexo). Cada competencia debe dividirse en varios grados o niveles de exigencia que varían en función del puesto de trabajo. A modo de ejemplo se considerarán competencias cardinales con nivel menor de exigencia, a decir , y competencias específicas del puesto de trabajo con nivel de exigencia del . En el Cuadro 3 se indican las competencias y los niveles de exigencia propuestos según su clasificación. Por lo que el conjunto de competencias a evaluar es $X = \{x_1, x_2, \dots, x_{10}\}$.

Competencias cardinales	Nivel de exigencia 40%
x_1 : Integridad	Excelente
x_2 : Liderazgo	Bueno
x_3 : "Empowerment" (Empoderamiento)	Muy bueno
x_4 : Iniciativa	Excelente
Competencias específicas del puesto de trabajo	Nivel de exigencia 60%
x_5 : Orientación al cliente	Bueno
x_6 : Orientación a los resultados	Muy bueno
x_7 : Trabajo en equipo	Excelente
x_8 : Desarrollo de las personas	Bueno
x_9 : Modalidad de contacto	Muy bueno
x_{10} : Adaptabilidad al cambio	Muy bueno

Cuadro 3: Perfil requerido para un gerente de zona

Para fines ilustrativos se realizará el perfil para el gerente de zona que será considerado el empleado ideal. Con los datos del Cuadro 3 se cambia cada evaluación por su correspondiente número triangular difuso. Esto es, con las evaluaciones dadas por el perfil definido se construye el conjunto difuso para cada una de las competencias como se muestra en el Cuadro 4. Obsérvese que se tienen diez conjuntos de la forma descrita en la Ecuación 4.

Competencias cardinales	Número triangular difuso
x_1 : Integridad	$I_1 = (75, 87.5, 100)$
x_2 : Liderazgo	$I_2 = (50, 62.5, 75)$
x_3 : Empoderamiento	$I_3 = (62.5, 75, 87.5)$
x_4 : Iniciativa	$I_4 = (75, 87.5, 100)$
Competencias específicas	Número triangular difuso
x_5 : Orientación al cliente	$I_5 = (50, 62.5, 75)$
x_6 : Orientación a los resultados	$I_6 = (62.5, 75, 87.5)$
x_7 : Trabajo en equipo	$I_7 = (75, 87.5, 100)$
x_8 : Desarrollo de las personas	$I_8 = (50, 62.5, 75)$
x_9 : Modalidad de contacto	$I_9 = (62.5, 75, 87.5)$
x_{10} : Adaptabilidad al cambio	$I_{10} = (62.5, 75, 87.5)$

Cuadro 4: Perfil ideal

Dado que se consideran niveles de exigencia diferentes para cada grupo de competencias, se procederá a obtener un único número triangular difuso aplicando la Fórmula 5 y posteriormente el promedio ponderado de las evaluaciones obtenidas en el paso anterior.

A continuación, en el Cuadro 5 se muestran los dos números triangulares para cada grupo de competencias que se obtuvieron. Las primer y tercer filas corresponden a la aplicación de la Fórmula 5 y las filas dos y cuatro corresponden a la ponderación dada en la Fórmula 6 con niveles de exigencia del 40 y 60%, respectivamente.

Competencias cardinales	(65.63, 78.13, 90.63)
Ponderación 40%	(26.25, 31.25, 36.25)
Competencias específicas del puesto de trabajo	(60.42, 72.92, 85.42)
Ponderación 60%	(36.25, 43.75, 51.25)
Ponderación Final	(62.50, 75.00, 87.50)

Cuadro 5: Perfil ideal

De esta forma, se tiene el número triangular difuso que contiene la información del perfil del puesto de trabajo:

$$\tilde{I}^{\phi} = \{(62.50, 75.00, 87.50)\}.$$

Para el caso del empleado sujeto de evaluación P se procede de forma semejante. Se consideran doce evaluadores: el mismo empleado (autoevaluación), subordinado, pares, clientes y supervisores. Es decir, se tendrá el conjunto

$$Eval = \{E_1, E_2, E_3, E_4, \dots, E_{12}\}.$$

Con ayuda del Cuadro 2 se tendrá que al evaluado P se le asocian 120 números triangulares difusos de la forma:

$$\{(a_j^k, b_j^k, c_j^k) : 1 \leq j \leq 10, 1 \leq k \leq 12\}.$$

Los resultados de la evaluación realizada por los doce expertos están dados en el Cuadro 6.

--												
Competencias cardinales	AU	Sub	Sub	Sub	Par	Par	Par	Cl	Cl	Cl	Sup	Sup
x_1 : Integridad	E	E	E	B	T	B	M	E	E	E	E	E
x_2 : Liderazgo	B	R	R	B	B	B	B	B	E	B	B	B
x_3 : Empoderamiento	R	R	M	B	B	R	R	E	E	B	B	R
x_4 : Iniciativa	E	B	B	B	B	E	E	E	E	E	E	B
Competencias específicas												
x_5 : Orientación al cliente	B	B	E	B	B	B	B	E	E	E	E	B
x_6 : Orientación a los resultados	E	B	E	B	B	B	R	E	E	E	E	E
x_7 : Trabajo en equipo	B	M	M	R	B	R	M	B	E	E	B	B
x_8 : Desarrollo de las personas	R	T	M	R	B	M	R	B	E	E	R	B
x_9 : Modalidad de contacto	B	R	R	B	B	B	B	E	E	E	E	R
x_{10} : Adaptabilidad al cambio	B	M	R	R	B	M	R	B	E	E	E	M

Cuadro 6: Evaluación empleado P: E=excelente, B=bueno, R=regular, M=malo y T=terrible.

El siguiente paso es construir los números triangulares para cada grupo de competencias que se obtuvieron aplicando la Fórmula 5. Los números triangulares difusos para competencia están dados en el Cuadro 7.

Competencias cardinales	número triangulares difusos
x_1 : Integridad	(60.42, 72.92, 85.42)
x_2 : Liderazgo	(50.00, 62.50, 75.00)
x_3 : Empoderamiento	(46.88, 59.38, 71.88)
x_4 : Iniciativa	(64.58, 77.08, 89.58)
Competencias específicas	número triangulares difusos
x_5 : Orientación al cliente	(60.42, 72.92, 85.42)
x_6 : Orientación a los resultados	(63.54, 76.04, 88.54)
x_7 : Trabajo en equipo	(45.83, 58.33, 70.83)
x_8 : Desarrollo de las personas	(41.67, 54.17, 66.67)
x_9 : Modalidad de contacto	(55.21, 67.71, 80.21)
x_{10} : Adaptabilidad al cambio	(46.87, 59.37, 71.87)

Cuadro 7: Evaluación empleado

Posteriormente el promedio ponderado de las evaluaciones obtenidas en el paso anterior se muestra en el Cuadro 8.

Competencias cardinales	(221.88, 271.88, 321.88)
Ponderación 40%	(88.75, 108.75, 128.75)
Competencias específicas del puesto de trabajo	(313.54, 388.54, 463.54)
Ponderación 60%	(188.12, 233.12, 278.12)
Ponderación final	(276.88, 341.87, 406.87)

Cuadro 8: Perfil empleado

Asimismo, se tiene el número triangular difuso que contiene la información del perfil del puesto de trabajo:

$$\tilde{P}^\phi = \{(276.88, 341.87, 406.87)\}.$$

Como se mencionó en la Sección 4 se debe normalizar el resultado para ajustar los valores en el intervalo $[0,1]$:

$$\tilde{P}^\phi = \{(2.77, 3.42, 4.07)\}, \quad \tilde{I}^\phi = \{(0.63, 0.75, 0.88)\}$$

Finalmente aplicaremos la Fórmula 3 para calcular la distancia de Hamming entre los conjuntos \tilde{I}^ϕ y \tilde{P}^ϕ . Recuérdese que en este caso se evaluaron diez competencias que corresponden al universo del discurso. En consecuencia, se aplicará la Fórmula 3 con $n = 10$. La distancia de Hamming entre el empleado ideal y el empleado P es

$$d(\tilde{P}^\phi, \tilde{I}^\phi) = \frac{1}{20} (|2.77 - 0.6| + |3.42 - 0.75| + |4.07 - 0.8|) = 0.40.$$

Recuérdese que un empleado se asemeja al empleado ideal si la distancia de Hamming toma un valor cercano a cero. A partir del resultado obtenido se puede concluir que no se tiene una apropiada adecuación persona-puesto. Este resultado proporciona a la empresa información objetiva y fácil de manejar a fin de facilitar la toma de decisiones.

5 Conclusiones

La evaluación del desempeño de los empleados es de gran importancia para cualquier empresa. La herramienta propuesta a lo largo de este trabajo integra la evaluación por competencias 360° con el uso de la lógica difusa para el análisis de los datos. Se propuso el uso de rúbricas que utilizan etiquetas lingüísticas para proporcionar un proceso de evaluación cercano al pensamiento humano como se muestra en la Figura 2. Lo más valioso de esta técnica es que pretende dejar a un lado puntos de vista o percepciones subjetivas a la hora de evaluar el desempeño de un empleado. En virtud de que los criterios apropiados de calificación, y su ponderación, se disminuyen ambigüedades en el proceso de evaluación del desempeño, permitiendo a la empresa tomar decisiones de forma acertada.

El caso tratado en este trabajo (evaluación del desempeño por competencias 360°) ejemplifica la sencillez del modelo empleado y fue implementado con un programa de uso común en las empresas: MS Excel.

6 Bibliografía

Alles, M. (2002). *Dirección Estratégica de Recursos Humanos Gestión por competencias: El diccionario*. Buenos Aires, Argentina. Editorial Granica.

Alles, M. (2005). *Desempeño por competencias: Evaluación de 360°*. Cuarta Edición, Buenos Aires, Argentina. Editorial Granica,

Buckley, J.J., Yan, A. (2000). Fuzzy functional analysis (I): Basic concepts, *Fuzzy Sets and Systems*, 115(3), 393-402, [http://dx.doi.org/10.1016/S0165-0114\(98\)00161-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00161-4).

Capuano, A. (2004). *Evaluación de desempeño: desempeño por competencias*. Invenio, 139-150,

Canós L., Liern V. (2008). Soft computing-based aggregation methods for human resource management. *European Journal of Operational Research*, 189(1), 669-681. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165011498001614>

Cascio, W. (1982). *Applied psychology in personnel management*. 2a. edición, Reston, VA: Reeston Publishing, a Prentice Hall Company.

Chiavenato, I. (1999). *Administración de Recursos Humanos. Quinta Edición*. Editorial McGraw Hill. Santafé de Bogotá Colombia.

Cuadra, A. (1990). Un modelo matemático de selección de personal basado en validez concurrente. *Revista de Psicología del Trabajo y de las*

Organizaciones. Colegio Oficial de Psicólogos de Madrid.

Giraldo Henao, C. (2004). *Creación de un modelo de evaluación de desempeño bajo la teoría de las competencias*. Universidad de Antioquia. Medellín.

Gil, I., Ruiz L., Ruiz, J. (1997). *La nueva dirección de personas en la empresa*. Madrid: McGraw-Hill.

Hamming R. W. (1950). Error detecting and error correcting codes. *Bell System Technical Journal*, 29, 148-161.

Jeffrey S. (2009). Hamming distances for conjugates. *Discrete Mathematics*, 309, 4197-4189.

O'Hagan, M., (1994). *A Fuzzy decision maker*, Fuzzy thought amplifier.

Saad R, Ahmad MZ, Abu MS, Jusoh MS. (2014). Hamming Distance Method with Subjective and Objective Weights for Personnel Selection. *The Scientific World Journal*, 2014 1-9. doi:10.1155/2014/865495.

Szolovits, P., Pauker, S.G., (1978). Categorical and probabilistic reasoning in medical diagnosis, *Artificial Intelligence Journal*, 11, 115-144.

Zadeh L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, 338-353.

7 Anexo

Definición de competencias cardinales y específicas del puesto de trabajo según el diccionario de competencias de Martha Alles (2002).

Competencias cardinales:

- Integridad: Hace referencia a obrar con rectitud y probidad. Es actuar en consonancia con lo que cada uno dice o considera importante. Incluye comunicar las intenciones, ideas y sentimientos abierta y directamente, y estar dispuesto a actuar con honestidad incluso en negociaciones difíciles con agentes externos. Las acciones son coherentes con lo que dice
- Liderazgo: Es la habilidad necesaria para orientar la acción de los grupos humanos en una dirección determinada, inspirando valores de acción y anticipando escenarios de desarrollo de la acción de ese grupo. La habilidad para fijar objetivos, el seguimiento de dichos objetivos y

la capacidad de dar retroalimentación, integrando las opiniones de los otros. Establecer claramente directivas, fijar objetivos, prioridades y comunicarlas. Tener energía y transmitirla a otros. Motivar e inspirar confianza. Tener valor para defender o encarnar creencias, ideas y asociaciones. Manejar el cambio para asegurar competitividad y efectividad a largo plazo. Plantear abiertamente los conflictos para optimizar la calidad de las decisiones y la efectividad de la organización. Proveen coaching y retroalimentación para el desarrollo de los colaboradores. A: Orienta la acción de su grupo en una dirección determinada, inspirando valores de acción y anticipando escenarios. Fija objetivos, realiza su seguimiento y da retroalimentación sobre su avance integrando las opiniones de los diferentes integrantes. Tiene energía y la transmite a otros en pos de un objetivo común fijado por él mismo. B: El grupo lo percibe como líder, fija objetivos y realiza un adecuado seguimiento brindando retroalimentación a los distintos integrantes. Escucha a los demás y es escuchado. C: Puede fijar objetivos que el grupo acepta realizando un adecuado seguimiento de lo encomendado. D: El grupo no lo percibe como líder. Tiene dificultades para fijar objetivos, aunque puede ponerlos en marcha y hacer su seguimiento.

- Empowerment” (Empoderamiento): Dar poder al equipo de trabajo potenciándolo. Hace referencia a fijar claramente objetivos de desempeño con las responsabilidades personales correspondientes. Proporciona dirección y define responsabilidades. Aprovecha claramente la diversidad (heterogeneidad) de los miembros del equipo para lograr un valor añadido superior en el negocio. Combina adecuadamente situación, persona y tiempo. Adecuada integración en el equipo de trabajo. Comparte las consecuencias de los resultados con todos los involucrados. Emprende acciones eficaces para mejorar el talento y las capacidades de los demás.
- Iniciativa: Hace referencia a la actitud permanente de adelantarse a los demás en su accionar. Es la predisposición por actuar de forma proactiva y no sólo pensar en lo que hay que hacer en el futuro. Implica marcar el rumbo por medio de acciones concretas, no sólo de palabras. Los niveles de actuación van desde concretar decisiones tomadas en el pasado hasta la búsqueda de nuevas oportunidades o soluciones de problemas.

Competencias específicas del puesto de trabajo

- Orientación al cliente: Implica un deseo de ayudar o servir a los clientes, de comprender y satisfacer sus necesidades, aun aquéllas no expresadas. Implica esforzarse por conocer y resolver los problemas del cliente, tanto del cliente final a quien van dirigidos los esfuerzos de la empresa como los clientes de los propios clientes y todos aquellos que cooperen en la relación empresa-cliente, como el personal ajeno a la organización. No se trata tanto de una conducta concreta frente a un cliente real como de una actitud permanente de contar con las necesidades del cliente para incorporar este conocimiento a la forma específica de planificar la actividad.
- Orientación a los resultados: Es la capacidad de encaminar todos los actos al logro de lo esperado, actuando con velocidad y sentido de urgencia ante decisiones importantes necesarias para cumplir o superar a los competidores, las necesidades del cliente o para mejorar la organización. Es capaz de administrar los procesos establecidos para que no interfieran con la consecución de los resultados esperados. Es la tendencia al logro de resultados, fijando metas

desafiantes por encima de los estándares, mejorando y manteniendo altos niveles de rendimiento, en el marco de las estrategias de la organización.

- Trabajo en equipo: Implica la capacidad de colaborar y cooperar con los demás, de formar parte de un grupo y de trabajar juntos: lo opuesto a hacerlo individual y competitivamente. Para que esta competencia sea efectiva, la actitud debe ser genuina. Es conveniente que el ocupante del puesto sea miembro de un grupo que funcione en equipo. Equipo, en su definición más amplia, es un grupo de personas que trabajan en procesos, tareas u objetivos compartidos. Si la persona es un número uno de área o empresa, la competencia “trabajo en equipo” no significa que sus subordinados sean pares, sino que operarán como equipo en su área/grupo.
- Desarrollo de las personas: Ayudar a que las personas crezcan intelectual y moralmente. Implica un esfuerzo constante para mejorar la formación y el desarrollo de los demás a partir de un apropiado análisis previo de sus necesidades y de la organización. No es simplemente enviar a las personas a que hagan cursos sino un esfuerzo por desarrollar a los demás.
- Modalidad de contacto: Es la capacidad de demostrar una sólida habilidad de comunicación; esta capacidad asegura una comunicación clara. Alienta a otros a compartir información, habla por todos y valora las contribuciones de los demás. En un concepto más amplio, comunicarse implica saber escuchar y hacer posible que los demás tengan fácil acceso a la información que se posea.
- Adaptabilidad al cambio: Es la capacidad para adaptarse y amoldarse a los cambios. Hace referencia a la capacidad de modificar la propia conducta para alcanzar determinados objetivos cuando surgen dificultades, nuevos datos o cambios en el medio. Se asocia con la versatilidad del comportamiento para adaptarse a distintos contextos, situaciones, medios y personas rápida y adecuadamente. Implica conducir a su grupo en función de la correcta comprensión de los escenarios cambiantes dentro de las políticas de la organización.