

Fuzzy-BSC Methodology for Decision Making in Indemnity Area of Insurance Companies

Elkin Zapa¹ and Juan Cogollo²

Abstract— Decision making in insurance companies is carried out under permanent uncertainty, with limitations for designing adequate performance indicators. Therefore, this paper develops a methodology for implementing together Balanced Scorecard and fuzzy logic to treat the uncertainty of the performance measurement in the indemnity area of insurance companies. The application of the methodology allowed to obtain a crisp result of the effectiveness level in the indemnity area of an insurance company, considering the uncertainty in the performance of perspectives: Customers, Finance, Processes, and Learning and Growth.

Index Terms—Balanced Scorecard, Decision Making, Fuzzy Logic, Indemnity, Insurance Companies.

I. INTRODUCCIÓN

LA APLICACIÓN conjunta de Balanced Scorecard (BSC) y la teoría de la lógica difusa proporciona un nuevo enfoque en la medición del desempeño organizacional y brinda alternativas de solución a las necesidades de las empresas de aplicar sistemas de medición del desempeño más adecuados [1] e incorporar el manejo de la incertidumbre en la medición para minimizar el impacto que ella tiene en la toma de decisiones [2].

Las organizaciones de seguros (aseguradoras) se establecieron para ayudar a disminuir las consecuencias financieras negativas de hechos inesperados [3]. Las aseguradoras expiden contratos (pólizas) que prometen pagar al beneficiario de la póliza un importe definido, igual o menor a la pérdida financiera, si el evento cubierto ocurre durante el periodo de vigencia de la póliza [4], [5]. La norma general para las compañías aseguradoras, como para cualquier otra empresa, es asegurar sus riesgos, internamente o externamente, verificando periódicamente que se logren los mejores acuerdos del mercado relativos a condiciones, precios, límites y protección [6].

La aseguradora tiene la obligación del pago de la indemnización en caso de que se presente un siniestro. Este pago se efectúa luego de que la aseguradora analiza la cobertura del siniestro sobre la base de la póliza vigente [7]. El cumplimiento de estos seguros se lleva a cabo a través de un proceso de indemnización, esto es, la compensación que un individuo puede exigir y, eventualmente, recibir como consecuencia de haber sufrido un daño [8].

El área de indemnizaciones de las aseguradoras es la responsable del manejo integral del proceso de reclamación al interior de la compañía, desde el momento mismo del aviso de siniestro hasta el pago de la obligación y el manejo del salvamento [9].

Las aseguradoras necesitan disponer de herramientas de medición del desempeño que permitan mejorar la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre, con el fin de mejorar el nivel de efectividad en el área de indemnizaciones. Por tanto, es necesario que las aseguradoras midan periódicamente el desempeño del área de indemnizaciones usando herramientas con un enfoque balanceado, considerando diferentes perspectivas y tratando la incertidumbre empleando herramientas computacionales.

En este artículo se desarrolla y aplica una metodología que integra *Balanced Scorecard* con la teoría de lógica difusa para la medición del desempeño en el área de indemnizaciones de empresas aseguradoras. Como resultado de la aplicación se obtiene un indicador balanceado del nivel de efectividad en el área de indemnizaciones de una empresa aseguradora, desde cuatro perspectivas (clientes, finanzas, procesos y aprendizaje y crecimiento) e incorporando el tratamiento de la incertidumbre; teniendo así una visión amplia de la situación en la que se encuentran los procesos y acciones.

La organización del artículo es la siguiente: en la Sección II se describen aspectos generales de BSC y lógica difusa. En la Sección III se muestran varios indicadores de desempeño utilizados en el área de indemnizaciones. En la Sección IV se detalla la metodología BSC difusa desarrollada y en la Sección V, los resultados obtenidos. Finalmente, se presentan las conclusiones en la Sección VI.

II. BALANCED SCORECARD Y LÓGICA DIFUSA

En esta sección se muestran los fundamentos teóricos de BSC y lógica difusa, así como algunos estudios de la literatura científica donde se integran estos conceptos en aplicaciones empresariales.

A. *Balanced Scorecard* (BSC)

Kaplan y Norton [10] desarrollaron el BSC como una metodología para vincular la visión y las metas estratégicas en acciones concretas, incorporando mecanismos de medición que facilitan el logro de los objetivos planteados. BSC es una herramienta de administración de empresas que muestra continuamente cuándo una compañía y sus empleados alcanzan los resultados definidos por el plan estratégico [11]. BSC permite traducir la visión y la misión de la organización

¹Elkin Zapa, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, Medellín, Colombia (e-mail: elkinzapa@itm.edu.co).

²Juan Cogollo, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, Medellín, Colombia (e-mail: juancogollo@itm.edu.co).

en un conjunto completo de medidas de desempeño en una sólida y flexible estructura organizacional para adaptarse a los cambios del entorno global [12]. BSC proporciona a los directivos el equipo de instrumentos que necesitan para navegar hacia el éxito competitivo futuro [13], [14], [15].

El BSC es un modelo que identifica cuatro perspectivas relacionadas con actividades que pueden ser críticas en las organizaciones: clientes, finanzas, procesos y aprendizaje y crecimiento [16]. BSC permite mantener un equilibrio entre los objetivos de largo y corto plazo y entre las mediciones financieras y no-financieras [17]. Un sistema de informes basados en el BSC permite monitorear la evolución frente a la estrategia y tomar las medidas correctivas que mejoren constantemente los procesos y faciliten al administrador tomar decisiones [18].

El BSC se ha aplicado en diferentes campos, integrándose con otras herramientas, tales como proceso analítico de red difuso [19], construcción de mapas estratégicos para instituciones bancarias [20], evaluación multidimensional con AHP [21], valoración de software [22], evaluación del desempeño de cadenas de suministro usando análisis envolvente de datos [23], administración hospitalaria [24], modelos jerárquicos bajo incertidumbre [25], difusión de la innovación en tecnologías de información [26], implementación de estrategias de desarrollo de ciudades [27], evaluación del impacto de la gestión del conocimiento con *Fuzzy Analytical Network Process* (FANP) en cadenas de suministro [28], análisis envolvente de datos para evaluar el desempeño de museos [29], evaluación del desempeño de la decisión de tercerización utilizando AHP difuso [30], entre otras.

B. Lógica difusa y sistema de inferencia

La teoría de la lógica difusa fue desarrollada por Lotfi A. Zadeh en 1965 y es una manera de representar conocimientos inexactos, imprecisos, ambiguos e inciertos en unos conocimientos más exactos. La necesidad que tiene el mundo actual de encontrar soluciones reales a problemas donde la vaguedad existe, ha hecho que la lógica difusa haya tomado una importancia en su aplicabilidad en las áreas económicas, sociales, industriales y políticas, entre otras. Para un estudio más a fondo sobre su origen, fundamentos, operaciones matemáticas y otras aplicaciones, es recomendable remitirse a los textos de Zadeh [31], Jang [32], Kasabov [33], Zimmermann [34], Ross [35] y Siler y Buckley [36].

La aplicación más extendida de la lógica difusa es, sin duda, el Sistema de Inferencia Difusa (SID), el cual es una forma de representar conocimientos y datos inexactos en forma similar a como lo hace el pensamiento humano [32]. Los sistemas de inferencia difusa más reconocidos son: sistema de inferencia tipo Mandani, sistema de inferencia tipo Pedrycz y sistema de inferencia tipo Takagi-Sugeno [37].

En los sistemas de inferencia tipo Mandani existe una base de reglas consistente en una colección o conjunto de reglas SI-ENTONCES. La máquina de inferencias usa las reglas para realizar un mapeo de los conjuntos de entradas difusas en los conjuntos de salidas. Los sistemas de inferencia tipo Pedrycz o

relacionales codifican asociaciones entre términos lingüísticos definidos en los dominios de las entradas y salidas del sistema usando relaciones difusas. Los sistemas de inferencia tipo Takagi-Sugeno usan una función lineal de las entradas al modelo como consecuente de las reglas [38].

La inferencia difusa es un método que interpreta los valores en el vector de entrada y asigna valores a la salida a través de un conjunto de reglas difusas usando las funciones de pertenencia asociadas. La fuzificación implica la conversión de los valores adecuados en el dominio del problema en datos difusos usando las funciones de pertenencia. Esta información es alimentada a la etapa de evaluación de reglas o de inferencia difusa, la cual combina las funciones de pertenencia con las reglas de control para derivar en una salida difusa.

La siguiente etapa consiste en la defuzificación para convertir la salida difusa en una no difusa (valor numérico representativo) usando diferentes métodos para calcular todas las salidas asociadas. La base de conocimiento comprende el conocimiento de expertos en el dominio de aplicación, así como también las reglas de decisión que representan las relaciones entre las entradas y las salidas [36].

Los vectores de entrada y salida de un SID generalizado, incluyendo el estado de las variables lingüísticas, pueden ser definidos así [39]:

$$x = \left\{ x_i, U_i, \{T_{x_i}^1, T_{x_i}^2, \dots, T_{x_i}^{k_i}\}, \{\mu_{x_i}^1, \mu_{x_i}^2, \dots, \mu_{x_i}^{k_i}\} \right\}_{i=1 \dots l} \quad (1)$$

$$y = \left\{ y_i, U_i, \{T_{y_i}^1, T_{y_i}^2, \dots, T_{y_i}^{k_i}\}, \{\mu_{y_i}^1, \mu_{y_i}^2, \dots, \mu_{y_i}^{k_i}\} \right\}_{i=1 \dots m} \quad (2)$$

donde, x_i es una variable de entrada difusa en el universo del discurso $U = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_l$; y_i es una variable de salida difusa en el universo del discurso $V = V_1 \times V_2 \times \dots \times V_m$; $T(x_i) = \{T_{x_i}^1, T_{x_i}^2, \dots, T_{x_i}^{k_i}\}$ es el conjunto del término lingüístico; $\mu(x_i) = \{\mu_{x_i}^1, \mu_{x_i}^2, \dots, \mu_{x_i}^{k_i}\}$ es la función de pertenencia semántica para $T(x_i)$ y k_i es el número de términos lingüísticos para la variable de entrada i .

C. Aplicación de la lógica difusa integrada con BSC

En este apartado se mencionan algunos estudios previos relacionados con el tema de interés del artículo, donde se aplica BSC y la lógica difusa. En [13] se propone la aplicación de las matrices de incidencia difusa para validar las relaciones entre los factores críticos de éxito y determinar los grados de incidencia directa e indirecta. En [40] se resalta la importancia de los aspectos de la incertidumbre en el contexto del BSC mediante el estudio de los conjuntos difusos y su aplicación en esta herramienta. En [41] se añade la semántica y la vaguedad al BSC, demostrando el éxito que tienen estas herramientas en el manejo de la imprecisión y la ambigüedad.

En [42] se realiza la aplicación de la matemática difusa con sustento en la teoría de los subconjuntos difusos, para la cuantificación de los factores críticos de éxito de medición subjetiva y su comparación con los objetivos propuestos con base en las perspectivas integrantes del BSC. En [43] se diseñó un modelo que integró los principios del BSC con la teoría de conjuntos difusos, el cual fue aplicado para la medición del desempeño de la cadena de suministros de un

astillero.

Del análisis de estos estudios previos se puede concluir que es posible integrar los principios de BSC con la teoría de lógica difusa para el tratamiento de la incertidumbre, incorporando información cuantitativa y cualitativa en el modelado matemático para la toma de decisiones empresariales.

Aunque estos trabajos no están aplicados en problemas de empresas aseguradoras, sirven de referente conceptual para la elaboración de esta metodología en cuanto a los principios básicos del modelado para la selección de las variables, especificación de los subconjuntos difusos, selección del sistema de inferencia y elección del software de modelado adecuado.

Así, la metodología desarrollada en este artículo es un punto de partida para futuros estudios en el área de modelado matemático de la incertidumbre en la medición del desempeño en el sector asegurador, empleando herramientas computacionales avanzadas.

III. INDICADORES DE DESEMPEÑO EN EL ÁREA DE INDEMNIZACIONES

En la literatura científica se referencian algunos estudios realizados en compañías aseguradoras. En [44] se analizó el efecto de la propiedad (sociedades, mutuas y empresas de propiedad pública) en la eficiencia del mercado de seguros alemán. Otros estudios analizan la eficiencia de las empresas aseguradoras utilizando economías de escala, el efecto *network*, la estructura del mercado de los seguros de vida y no vida, así como el cambio tecnológico [45]. También, se han analizado los efectos de las economías de escala, precios sombra, espacios de mejora y evolución temporal de la eficiencia de las empresas aseguradoras [46].

Para el diseño de un sistema de indicadores que mida cierta parte del proceso de una compañía se requiere la recolección, depuración y análisis de información, de tal forma que permita mejorar la gestión y la toma de decisión en la organización. En la Tabla I se muestran algunos indicadores empleados en el área de indemnizaciones según perspectiva BSC.

TABLA I
INDICADORES DEL ÁREA DE INDEMNIZACIONES SEGÚN PERSPECTIVA BSC

PERSPECTIVA BSC	INDICADORES DE INDEMNIZACIONES
FINANZAS	Valores indemnizados por área (siniestralidad)
	Valores de reservas
	Recobros
	Promedios pago por ramo
	Porcentaje de ingresos por salvamento
CLIENTES	Gasto total
	Promedio de atención en días
	Número de quejas versus número de reclamaciones
	Tiempo promedio de radicación en horas
PROCESOS INTERNOS	Cantidad de siniestros pagados
	Recomendaciones por mes versus casos pagados
	Comité mensual de gerencia con retroalimentación global
APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO	Realización grupos primarios por área
	Efectividad de capacitaciones

Fuente: [47]

IV. METODOLOGÍA BSC DIFUSA

La metodología BSC difusa desarrollada para la medición de nivel de efectividad en el área de indemnizaciones consta de seis pasos (Fig. 1). En el primer paso se definen los indicadores a utilizar en cada perspectiva BSC; en el segundo paso, se establecen los subconjuntos difusos de los indicadores seleccionados; en el tercer paso se definen las reglas de inferencia difusa para cada una de las perspectivas y para el indicador global del nivel de efectividad en el área de indemnizaciones; en el cuarto paso, se aplica el sistema de inferencia difusa tipo Mandani [48], combinando los valores de los indicadores en cada perspectiva; en el quinto paso, se realiza la concreción, aplicando el método del centroide y, finalmente, en el sexto paso, se obtienen los resultados de desempeño por cada perspectiva BSC y el resultado global del indicador de efectividad del área de indemnizaciones.

La flecha discontinua en la Fig. 1 indica que el proceso de inferencia se repite hasta obtener, en primer lugar, el desempeño de cada una de las cuatro perspectivas BSC y, después, el resultado global del nivel de efectividad del área de indemnizaciones. La aplicación de la metodología en lo referente a los cálculos computacionales necesarios se realizó utilizando la aplicación *Fuzzy Logic Designer* del software Matlab© Versión 9.0.

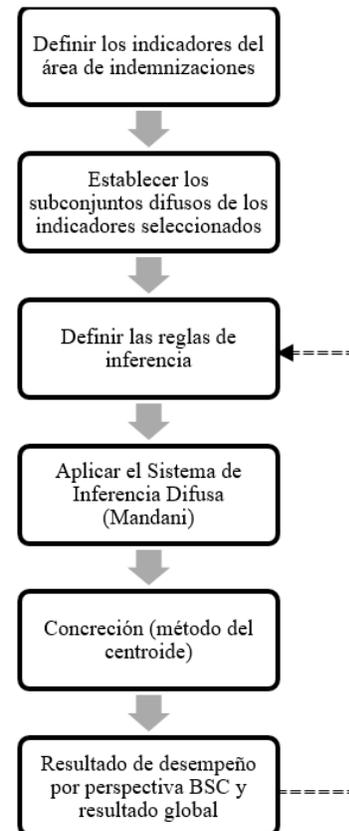


Fig. 1. Metodología BSC difusa para medición de nivel de efectividad en el área de indemnizaciones.

V. RESULTADOS

En las siguientes secciones se presentan los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología BSC difusa desarrollada para la medición del nivel de efectividad en el área de indemnizaciones de una empresa aseguradora de la ciudad de Medellín (Colombia), cuyo nombre no se menciona por compromisos de confidencialidad de la información suministrada.

A. Definición de los indicadores del área de indemnizaciones

En la Tabla II se muestran los indicadores seleccionados en el área de indemnizaciones y su interrelación con las perspectivas del BSC para la medición del indicador global del nivel de efectividad. Adicionalmente, se detalla la fórmula utilizada para el cálculo de cada uno de los indicadores previamente definidos.

TABLA II
INDICADORES EMPLEADOS PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

PERSPECTIVA	INDICADOR	FÓRMULA
Finanzas	Porcentaje de valores indemnizados (siniestralidad)	Valor mensual pagado por siniestros/Valor mensual de las primas.
	Porcentaje de ingresos por salvamento	Valor recuperado/Valor indemnizado
Clientes	Porcentaje de cumplimiento de atención mensual	Número de clientes atendidos/Meta de número de clientes a atender.
	Porcentaje de utilización de tiempo de radicación mensual	Tiempo promedio de radicación mensual/Tiempo máximo permitido de radicación mensual.
	Porcentaje de satisfacción de clientes	(Número de clientes – Número de quejas)/Número de clientes
Procesos	Porcentaje de siniestros pagados	Cantidad de siniestros pagados/Total de siniestros.
	Porcentaje de solución de casos	Número de recomendaciones de solución de casos/Total de casos presentados.
	Eficiencia en la solución de casos	Número de casos resueltos sin reprocesos de información/Total de casos resueltos
Aprendizaje y Crecimiento	Porcentaje de cumplimiento de plan de capacitación	(Total de horas capacitación x número de asistentes promedio)/Total de empleados.
	Porcentaje de realización de grupos primarios	Número de grupos primarios realizados/Número de grupos primarios programados.
	Porcentaje de satisfacción de los empleados.	Sumatoria de porcentaje de satisfacción de cada empleado/Total de empleados.

B. Establecimiento de subconjuntos difusos

En la Tabla III se definen las funciones de pertenencia y las etiquetas lingüísticas de los subconjuntos difusos de las variables de entrada asociadas al estudio, las cuales tienen tres categorías difusas: Bajo, Medio y Alto. Los subconjuntos difusos Bajo y Alto son de tipo trapezoidal y el subconjunto difuso medio es de tipo triangular.

Los parámetros de estos subconjuntos se estimaron con base en el análisis estadístico descriptivo de los datos históricos de

la empresa en estudio. Se analizaron los resultados obtenidos en cada uno de los indicadores seleccionados en los últimos 60 meses y se estimaron los intervalos de confianza de los niveles de desempeño (subconjuntos Bajo, Medio y Alto), con un 95% de confiabilidad.

TABLA III
INDICADORES DE DESEMPEÑO SELECCIONADOS Y PARÁMETROS DE LOS SUBCONJUNTOS DIFUSOS

BSC	INDICADORES	SUBCONJUNTOS DIFUSOS											
		Bajo				Medio				Alto			
		a	b	c	d	a	b	c	a	b	c	d	
FINANZAS	Porcentaje de valores indemnizados	0	0	35	60	35	60	85	60	85	100	100	
	Porcentaje de ingresos salvamento por	0	0	18	36	18	36	54	36	54	72	72	
CLIENTES	Porcentaje de cumplimiento de atención mensual	0	0	29	58	29	58	87	58	87	100	100	
	Porcentaje de utilización de tiempo de radicación mensual	0	0	30	60	30	60	90	60	90	100	100	
PROCESOS	Porcentaje de satisfacción de clientes	0	0	27	54	27	54	81	54	81	100	100	
	Porcentaje de siniestros pagados	0	0	20	40	20	40	60	40	60	100	100	
	Porcentaje de solución de casos	0	0	26	52	26	52	78	52	78	100	100	
APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO	Eficiencia en la solución de casos	0	0	18	36	18	36	54	36	54	100	100	
	Porcentaje de cumplimiento de plan de capacitación	0	0	12	38	12	38	64	38	64	100	100	
	Porcentaje de realización de grupos primarios	0	0	25	50	25	50	75	50	75	100	100	
	Porcentaje de satisfacción de los empleados.	0	0	30	56	30	56	84	56	84	100	100	

También, en la Fig. 2 se muestran los subconjuntos difusos de las variables de salida (desempeño de cada perspectiva BSC y el nivel de efectividad del área de indemnizaciones). Las funciones de pertenencia para los subconjuntos difusos de las variables de salida fueron definidas de forma análoga a las variables de entrada (Bajo, Medio y Alto).

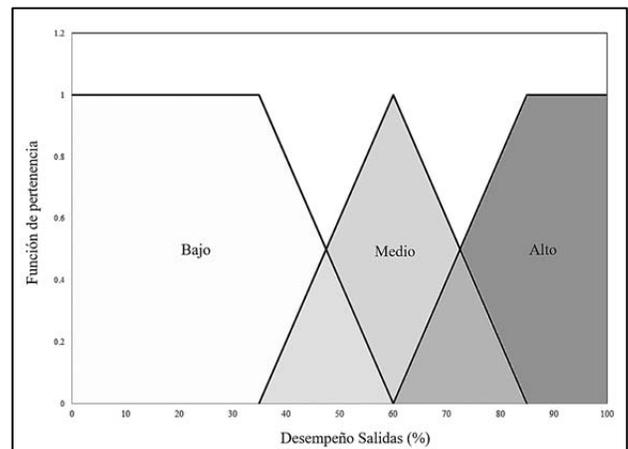


Fig. 2. Subconjuntos difusos de las variables de salida.

C. Definición de reglas de inferencia

Esta metodología contiene cuatro sistemas de reglas de inferencia para las perspectivas BSC y un sistema de reglas para el indicador de nivel de efectividad en el área de indemnizaciones. Para la construcción de los sistemas de reglas se realizaron todas las combinaciones de las entradas (subconjuntos difusos de cada indicador en la perspectiva BSC) y se les asignaron los subconjuntos difusos de salida correspondientes.

La perspectiva Finanzas tiene dos variables de entrada con tres subconjuntos difusos cada una, lo que arroja un total de $3^2 = 9$ combinaciones o reglas. Las perspectivas clientes, procesos y aprendizaje y crecimiento tienen tres variables de entrada con tres subconjuntos difusos, para un total de $3^3 = 27$ combinaciones o reglas en cada uno de sus sistemas. El nivel de efectividad en el área de indemnizaciones tiene cuatro variables de entrada (las perspectivas BSC) con tres subconjuntos difusos, para un total de $3^4 = 81$ reglas difusas. A manera de ejemplo, en la Fig. 3 se muestran las reglas difusas de la perspectiva Finanzas.

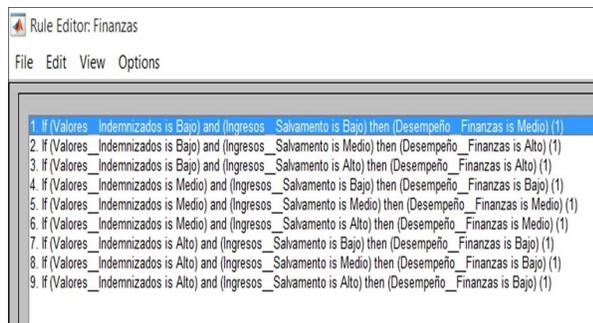


Fig. 3. Reglas de inferencia difusa de la perspectiva Finanzas.

D. Sistema de inferencia difusa

En esta metodología se aplica un sistema de inferencia tipo Mandani debido a que los datos utilizados son valores continuos y se tiene un número reducido de variables. Así, se facilita la comprensión de la relación causa-efecto entre las variables y la elaboración de las reglas de inferencia.

Debido a las características de las variables y los datos del estudio desarrollado, no se utilizó el sistema de inferencia tipo Pedrycz, dada la dificultad para la asignación de pesos a todos los antecedentes y consecuentes de las reglas de inferencia. En el caso del sistema de inferencia tipo Takagi-Sugeno, se tendría la dificultad para establecer las funciones lineales de las entradas al modelo como consecuente de las reglas.

En la Fig. 4 se ilustran los sistemas de inferencia empleados para la medición del desempeño de las perspectivas BSC y para el nivel de efectividad en el área de indemnizaciones.

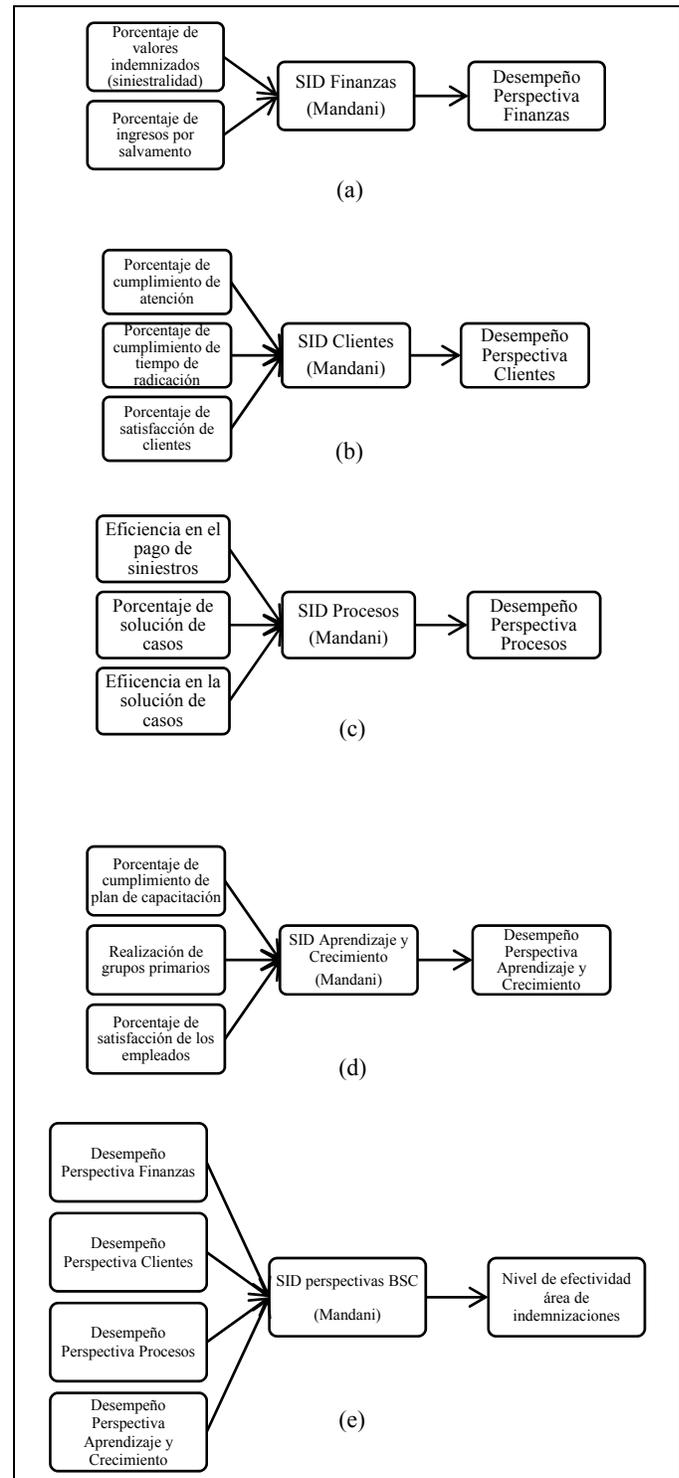


Fig. 4. Sistemas de Inferencia Difusa (SID) para la medición del desempeño de las perspectivas Finanzas (a), Clientes (b), Procesos (c) y Aprendizaje y Crecimiento (d) y para la medición del nivel de efectividad del área de indemnizaciones (e).

E. Concreción

Con el fin de eliminar la vaguedad obtenida en el proceso de inferencia y obtener valores adecuados en el dominio del problema, se realiza la concreción utilizando métodos como: centroide, bisectriz del área, más pequeño de los máximos o más grande los máximos [32]. En este trabajo se realizó la concreción aplicando el método del centroide, debido a su continuidad y no ambigüedad y a que el cálculo del área de superposición se hace una sola vez, a diferencia de otros métodos. Este método se encarga de procesar, analizar los datos y de arrojar la información que ayude a elegir la mejor alternativa que se adapte a los requerimientos y necesidades del estudio. El valor concreto es el resultado del cociente entre la sumatoria de los productos de las áreas (A_i) y sus centroides (\bar{x}_i) y la sumatoria de las áreas [33]:

$$\text{Valor concreto} = \frac{\sum A_i \bar{x}_i}{\sum A_i} \quad (3)$$

F. Resultados de desempeño por perspectiva BSC y resultado global

Los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología BSC difusa desarrollada para la medición del desempeño en cada perspectiva BSC y el resultado global del nivel de efectividad en el área de indemnizaciones se muestran en la Fig. 5. Estos resultados numéricos pueden expresarse en términos del sistema de reglas difusas. Por ejemplo, en el caso del nivel de efectividad del área de indemnizaciones, la regla es: SI el desempeño en Finanzas es 62.3% Y el desempeño en Clientes es 82.6% Y el desempeño en Procesos es 86.3% Y el desempeño en Aprendizaje y Crecimiento es 66.9%, entonces el Nivel de efectividad del área de indemnizaciones es 78.8%.

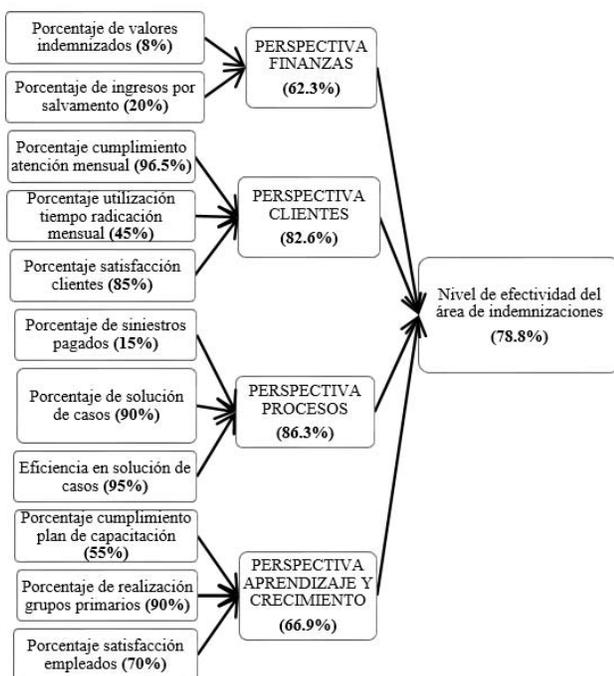


Fig. 5. Resultados de desempeño por perspectiva BSC y resultado global del nivel de efectividad del área de indemnizaciones.

La aplicación del sistema de inferencia difusa tipo Mandani de la metodología, basado en los sistemas de reglas previamente descritos, permitió obtener gráficos 3D de superficie de respuesta que modelan la relación entre las variables de entrada y salida en cada perspectiva BSC y en el nivel de efectividad del área de indemnizaciones (Figs. 6 y 7). Las Figs. 6 y 7 están en la escala de colores HSV (*Hue, Saturation, Value*) predefinida en Matlab©, como una matriz de tres columnas. En esta escala, los colores están asociados a subintervalos de desempeño (bajo, medio y alto) en el intervalo [0, 1] en el siguiente orden sucesivo: rojo, amarillo, verde, azul, magenta y rojo.

Con el fin de ilustrar la interpretación de los resultados obtenidos con la aplicación de la metodología objeto de este estudio, en la Fig. 6 se muestra la relación entre los indicadores Porcentaje de valores indemnizados y Porcentaje de ingresos por salvamento en el desempeño de la perspectiva Finanzas.

Se nota que cuando el porcentaje de valores indemnizados es mayor al 40%, se produce un descenso fuerte en los resultados de la perspectiva financiera independiente de la variación en el porcentaje de ingresos por salvamento. La mayor contribución del porcentaje de ingresos por salvamento en los resultados de la perspectiva financiera se da cuando estos toman valores entre 15% y 35%. De igual manera, cuando el porcentaje de valores indemnizados del área es superior al 80%, los resultados de la perspectiva financiera son desfavorables, independientemente del porcentaje de ingresos por salvamento obtenido.

Finalmente, en la Fig. 7 se muestra la relación entre el desempeño de la perspectiva Finanzas y el desempeño de la perspectiva Clientes en el nivel de efectividad del área de indemnizaciones. Se comprueba gráficamente que ambas perspectivas contribuyen de manera similar al resultado obtenido en el nivel de efectividad del área de indemnizaciones en rangos de resultados similares. Sin embargo, cuando el resultado del desempeño de las perspectivas es mayor o igual al 60%, tiene un leve mayor impacto el desempeño en Finanzas que el desempeño en Clientes sobre el nivel de efectividad del área de indemnizaciones.

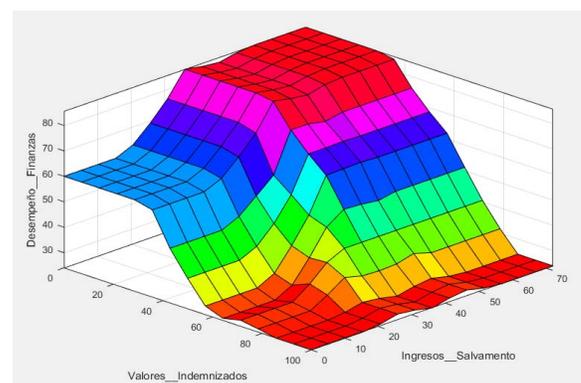


Fig. 6. Relación 3D entre los indicadores de entrada “porcentaje de valores indemnizados” y “porcentaje de ingresos por salvamento” y la variable de salida “desempeño de la perspectiva Finanzas”.

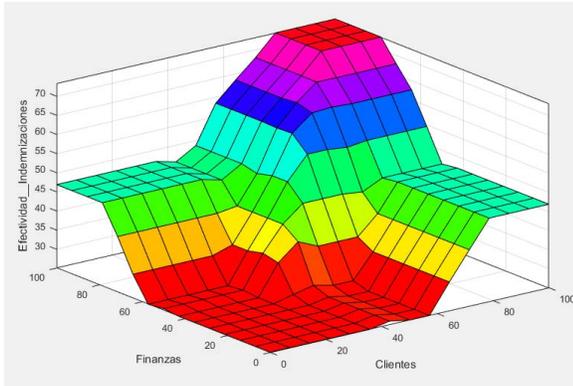


Fig. 7. Relación 3D entre los indicadores de entrada “desempeño de perspectiva Finanzas” y “desempeño de la perspectiva Clientes” y la variable de salida “nivel de efectividad del área de indemnizaciones”.

VI. CONCLUSIONES

Medir el nivel de efectividad en el área de indemnizaciones en una empresa aseguradora es una tarea difícil y con mucha incertidumbre; no obstante, los resultados arrojados en este artículo reflejan que se pueden utilizar herramientas de fácil aplicación como la lógica difusa y el *Balanced Scorecard*, los cuales proporcionan resultados valiosos que permiten a los administradores tener alternativas para tomar la mejor decisión, enfocada en el logro de los objetivos estratégicos de la organización.

La metodología presentada en este artículo, le permite a la organización tener una mayor claridad de los pasos que se deben emplear para medir el comportamiento de los procesos con respecto a los objetivos estratégicos. Los resultados arrojados demuestran que la utilización de la lógica difusa y *Balanced Scorecard* es válida para cuantificar el nivel de efectividad en el área de indemnizaciones combinando los resultados de datos históricos con información cualitativa.

Las herramientas aportadas por la lógica difusa, como las variables lingüísticas fundadas en la opinión de los expertos y los sistemas de expertos basado en reglas difusas, no sólo permiten realizar mediciones de variables cualitativas, sino también hacer operaciones con estas, arrojando resultados pertinentes, los cuales ayudan a minimizar la incertidumbre en el momento de la toma de decisiones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín – ITM por el apoyo en la ejecución de la investigación de la cual es producto este artículo.

REFERENCIAS

[1] A. Manian, M. Reza, M. Karimi and A. Omidian, “Performance Evaluation of IT Department Using a Modified Fuzzy TOPSIS and BSC Methodology”, *Journal of Management Research*, vol. 3, no. 2, pp. 1-18, 2011

[2] Z. Hoque, “20 years of studies on the balanced scorecard: Trends accomplishments, gaps and opportunities for future research”, *The British Accounting Review*, vol. 46, pp. 33-59, 2014.

[3] L. Florez. “Diseño de indicadores de desempeño para el monitoreo de actividades en una compañía de seguro”. Tesis Ingeniería de Producción. Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, 2008.

[4] N. Bowers, H. Gerber, J. Hickman, D. Jones and C. Nesbitt. *Actuarial Mathematics*. 2 ed. Schaumbury, Germany: The Society of Actuaries, 1997, pp. 1-18.

[5] S. Promislow. *Fundamentals of Actuarial Mathematics*. 3 ed. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2015, pp. 61-74.

[6] M. Martínez and R. Hernández, “Cuestiones básicas para la cuantificación del riesgo operacional de las entidades aseguradoras”, *Anuario Jurídico y Económico Escurialense*, vol. 45, pp. 389-408, 2012.

[7] M. Gómez. “Diseño de Indicadores de gestión para la medición y optimización de recursos en la reparación de siniestros de automóviles en seguros”. Trabajo de Grado Especialización en Gerencia de Producción y Operaciones. Universidad de la Sabana, Bogotá, Colombia, 2005.

[8] G. Cabanellas. *Diccionario Jurídico Elemental*. 36 ed. Buenos Aires, Argentina: Heliasta, 2008, pp. 226-228.

[9] A. Casallas, A. Martínez and N. Parra. “Administración de riesgos en las compañías de seguros”. Trabajo de Grado Especialización en Seguro y Seguridad Social. Universidad de la Sabana, Bogotá, 2006.

[10] R. Kaplan and D. Norton, “The Balanced Scorecard - Measures that drives performance”, *Harvard Business Review*, January-February, pp. 70-79, 1992.

[11] N. Argüello. “Gestión estratégica para la empresa “Electroclima” basado en BSC”. Tesis de Grado Ingeniería Comercial. Escuela Politécnica del Ejército de Ecuador, Sangolquí, Ecuador, 2011.

[12] J. Stella, R. Regalini, C. Bonet and C. Maragano. *Diseño e implementación de un cuadro de mando integral (CMI) para una distribuidora de energía eléctrica*. Santa Fe, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional, 2008, pp. 1-6.

[13] P. Mallo, M. Artola, M. Galante, M. Pascual, M. Morettini and A. Busseto, “Aplicación de herramientas borrosas al Balance Scorecard”, *Revista Costos y Gestión*, vol. 61, pp. 12—19, 2006.

[14] C. Morales and B. Pinilla, “Balanced Scorecard como herramienta de diagnóstico”, *Visión Gerencial*, vol. 6, no. 1, pp. 82-92, 2007.

[15] E. Ayvaz and D. Pehlivanl, “The Use of Time Driven Activity Based Costing and Analytic Hierarchy Process Method in the Balanced Scorecard Implementation”, *International Journal of Business and Management*, vol. 6, no. 3, pp. 146-158, 2011.

[16] R. Kaplan and D. Norton. *Mapas estratégicos: Convirtiendo los activos intangibles en resultados tangibles*. Barcelona, España: Ediciones Gestión 2000, 2000, pp. 29-57.

[17] R. Kaplan and D. Norton, “Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System”, *Harvard Business Review*, January-February, pp. 75-85, 1996.

[18] K. Thompson and N. Mathys, “The Aligned Balanced Scorecard: An Improved Tool for Building High Performance Organizations”, *Organizational Dynamics*, vol. 37, no. 4, pp. 378-393, 2008.

[19] I. Yüksel and M. Dagdeviren, “Using the fuzzy analytic network process (ANP) for Balanced Scorecard (BSC): A case study for a manufacturing firm”, *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 1270-1278, 2010.

[20] H. Wu, “Constructing a strategy map for banking institutions with key performance indicators of the balanced scorecard”, *Evaluation and Program Planning*, vol. 35, pp. 302-320, 2012.

[21] A. Veronese, J. Carneiro, J. Ferreira da Silva and H. Kimura, “Multidimensional assessment of organizational performance: Integrating BSC and AHP”, *Journal of Business Research*, vol. 65, pp. 1790-1799, 2012.

[22] S. Lee, S. Bum and G. Gun, “Using balanced scorecards for the evaluation of Software-as-a-service”, *Information & Management*, vol. 50, pp. 553-561, 2013.

[23] M. Shafiee, F. Hosseinzadeh and H. Saleh, “Supply chain performance evaluation with data envelopment analysis and balanced scorecard approach”, *Applied Mathematical Modelling*, vol. 38, pp. 5092-5112, 2014.

[24] Z. Lin, Z. Yu and L. Zhang, “Performance outcomes of balanced scorecard application in hospital administration in China”, *China Economic Review*, vol. 30, pp. 1-15, 2014.

[25] Y. Lin, C. Chen, C. Tsai and M. Tsang, “Balanced scorecard performance evaluation in a closed-loop hierarchical model under uncertainty”, *Applied Soft Computing*, vol. 24, pp. 1022-1032, 2014.

- [26] I. Wu and J. Chen, "A stage-based diffusion of IT innovation and the BSC performance impact: A moderator of technology-organization-environment", *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 88, pp. 76-90, 2014.
- [27] S. Mostafa, R. Jaafar, N. Badarulzaman and T. Ramayah, "Investigating a framework to facilitate the implementation of city development strategy using Balanced Scorecard", *Habitat International*, vol. 46, pp. 156-165, 2015.
- [28] S. Patil and R. Kant, "Evaluating the impact of Knowledge Management adoption on Supply Chain performance by BSC-FANP approach: An empirical case study", *Tekhné*, vol. 14, pp. 52-74, 2016.
- [29] A. Bassoa, F. Casarin and S. Funari, "How well is the museum performing? A joint use of DEA and BSC to measure the performance of museums", *Omega*, vol. 81, pp. 67-84, 2018.
- [30] M. Modaka, K. Pathak and K. Ghosha, "Performance evaluation of outsourcing decision using a BSC and Fuzzy AHP approach: A case of the Indian coal mining organization", *Resources Policy*, vol. 52, pp. 181-191, 2017.
- [31] L. Zadeh. *Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes*. London, United Kingdom: Academic Press, 1975, pp. 1-39.
- [32] J. Jang, C. Sun and E. Mizutani. *Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. New York, NY, USA: Prentice Hall, 1997, pp. 73-90.
- [33] N. Kasabov. *Foundations of neural networks, fuzzy systems, and knowledge engineering*. 2 ed. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 1998, pp. 167-204.
- [34] H-J. Zimmermann. *Fuzzy set theory and its applications*. 4 ed. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic, 2001, pp. 11-69.
- [35] T. Ross. *Fuzzy logic with engineering applications*. 2 ed. West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2004, pp. 107-154.
- [36] W. Siler and J. Buckley. *Fuzzy expert systems and fuzzy reasoning*. New Jersey, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2005, pp. 15-28.
- [37] J. Correa. "Aproximaciones metodológicas para la toma de decisiones apoyadas en modelos difusos". Tesis Maestría en Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2004.
- [38] H. Álvarez and M. Peña, "Modelamiento de Sistemas de Inferencia Borrosa Tipo Takagi-Sugeno", *Avances en Sistemas e Informática*, vol. 1, pp. 1-11, 2004.
- [39] G. Klir and B. Yuan. *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and application*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1995, pp. 50-114.
- [40] V. Nissen. Die fuzzy balanced scorecard [in German]. Technical Report 2005-01, Technische Universität Ilmenau (Germany), Institut für Wirtschaftsinformatik, 2005.
- [41] F. Bodillo, M. Delgado, J. Gómez and E. López, "A semantic fuzzy expert system for a fuzzy balanced scorecard", *Expert System with Applications*, vol. 36, pp. 427-433, 2009.
- [42] P. Mallo, M. Artola, M. Galante, M. Pascual, M. Morettini and A. Busseto, "La medición de variables cualitativas en el Balance Scorecard: Un aporte de la lógica difusa", In Congreso Metropolitano en Ciencias Económicas, Buenos Aires, Noviembre, 2005.
- [43] J. Cogollo. "Diseño metodológico para la implementación del sistema de indicadores de desempeño de la cadena de suministros en un astillero colombiano en condiciones de incertidumbre". Tesis Maestría en Ingeniería Administrativa. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2010.
- [44] F. Diboky and E. Ubl, "Ownership and efficiency in the German life insurance market: A DEA bootstrap approach", In 34th Seminar of the European Group of Risk and Insurance Economics, University of Cologne, September, 2007.
- [45] G. Dionne. *Handbook of Insurance*. 2 ed. New York, NY, USA: Springer, 2013, pp. 423-448.
- [46] S. Qiu and B. Chen, "Efficiencies of Life Insurers in China: An application of Data Envelopment Analysis", In China International Conference in Finance, Xian, July, 2006.
- [47] H. Vergara. "El Balanced Scorecard aplicado en áreas de indemnizaciones de seguros generales en aseguradora Colseguros S.A.". Tesis de Maestría en Administración. Escuela de Administración y Finanzas. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, 2005.
- [48] E. Mamdani and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller", *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 7, no. 1, pp. 1-13, 1975.



Elkin Zapa Pérez is a Professor at the Department of Quality and Production, Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM, Medellín, Colombia. He received the Industrial Engineering degree from Universidad de Córdoba (Colombia) in 2006. He holds a Master's Degree in Administrative Engineering from the Universidad Nacional de Colombia. His current research interests are Fuzzy Logic, Performance Measurement and applications of productivity tools in organizations.



Juan Cogollo Flórez is a Professor at the Department of Quality and Production, Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM, Medellín, Colombia. He received a MSc in Management Engineering in 2011, from the Universidad Nacional de Colombia. His current research interests are Performance Measurement, Fuzzy Logic Modelling, Supply Chain Quality Management and Advanced Statistical Quality Control.