

# Determinación del índice de satisfacción del servicio logístico al cliente mediante el uso de inferencia difusa

## Determination of the satisfaction index of the logistics service to the client through the use of fuzzy inference

Alejandro Raúl ALONSO Bobes [1](#); Maritza ORTIZ Torres [2](#); Rafael Antonio SORHEGUI [3](#); Ortega Yaimary MARRERO Ancizar [4](#)

Recibido: 16/02/2018 • Aprobado: 15/04/2018

### Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

#### RESUMEN:

Medir la satisfacción de los clientes permite a las organizaciones conocer sus propias fortalezas y debilidades, en base a las cuales podrá trazar las estrategias de mejora. El uso de la inferencia difusa para tales fines provee a las mismas de una herramienta que permite el cálculo de un indicador global cuyos resultados son consistentes y están en correspondencia con los parámetros que se utilizan para su determinación.

**Palabras clave:** Servicio logístico al cliente, inferencia difusa, indicador global

#### ABSTRACT:

Measuring customer satisfaction also allows organizations to know their own strengths and weaknesses, based on which they can draw improvement strategies. The use of fuzzy inference for such purposes provides them with a tool that allows the calculation of a global indicator whose results are consistent and are in correspondence with the parameters used for its determination.

**Keywords:** Logistic service to the client, diffuse inference, global indicator

## 1. Introducción

El cliente constituye la razón de ser de la organización, por lo cual las empresas surgen y se desarrollan para entender y satisfacer correctamente las crecientes necesidades y preferencias de sus clientes. Todo cliente genera una evaluación desde su perspectiva particular y aunque puede no tener todos los elementos para un juicio correcto, manifestará su satisfacción o insatisfacción, razón por la cual, actualmente, este constituye un requisito indispensable para ganarse un lugar en el mercado.

Los resultados que se presentan obedecen a una investigación realizada en la División de tiendas del Grupo Empresarial CIMEX, sociedad mercantil cubana con más de 37 años de creada, dedicada a importar, exportar, producir y comercializar bienes y servicios, con vistas a la determinación del Índice de satisfacción global del servicio logístico al cliente.

En correspondencia con lo anterior el objetivo del trabajo es diseñar un modelo que mediante la

inferencia difusa permita obtener un indicador global para medir el índice de satisfacción del servicio logístico al cliente en la división de tiendas del Grupo Empresarial CIMEX.

## **1.1. Elementos básicos conceptuales de la inferencia difusa.**

La lógica difusa o borrosa es una rama cada día más empleada y con mayor número de usos de las ciencias matemáticas que ayuda a representar los conceptos imprecisos del mundo real más cercanos a la forma de expresión del lenguaje humano que la lógica clásica.

Este tipo de lógica trata de describir y formalizar la realidad empleando modelos flexibles que interpretan las leyes que rigen el comportamiento y las relaciones de los hombres. (Lazzari, Machado & Pérez, 2004). Se basa en la idea de que los elementos claves sobre los que se construye el pensamiento humano no son números, sino expresiones lingüísticas; por lo que propone un lenguaje que permite trasladar sentencias sofisticadas del lenguaje natural a un formalismo matemático.

Aunque sus precedentes datan desde la época antigua con una teoría desarrollada por Aristóteles hace 2500 años, llamada ley de bivalencia (o principio del tercio excluido), también otros filósofos griegos, consideraban que existían grados de falsedad y veracidad y Platón llegó a trabajar con grados de pertenencia. Sin embargo, es el iraní Lofti A. Zadeh en 1965, quien, a partir de sus estudios en la Universidad de Berkeley, California, estableció lo que él llamó el principio de incompatibilidad: "Conforme la complejidad de un sistema aumenta, nuestra capacidad para ser precisos y construir instrucciones sobre su comportamiento disminuye hasta el umbral más allá del cual, la precisión y el significado son características excluyentes". El propio Zadeh bautizó esta disciplina con su publicación "Fuzzy Sets" (Conjuntos Borrosos), donde hace referencia al término borroso aplicado a la lógica y a la teoría de conjuntos, representándola como una generalización de la teoría clásica de conjuntos y la aplica a conceptos que pueden tomar un valor cualquiera de veracidad dentro de un conjunto de valores que fluctúan entre la verdad absoluta y la falsedad total. (Blanco, 2007)

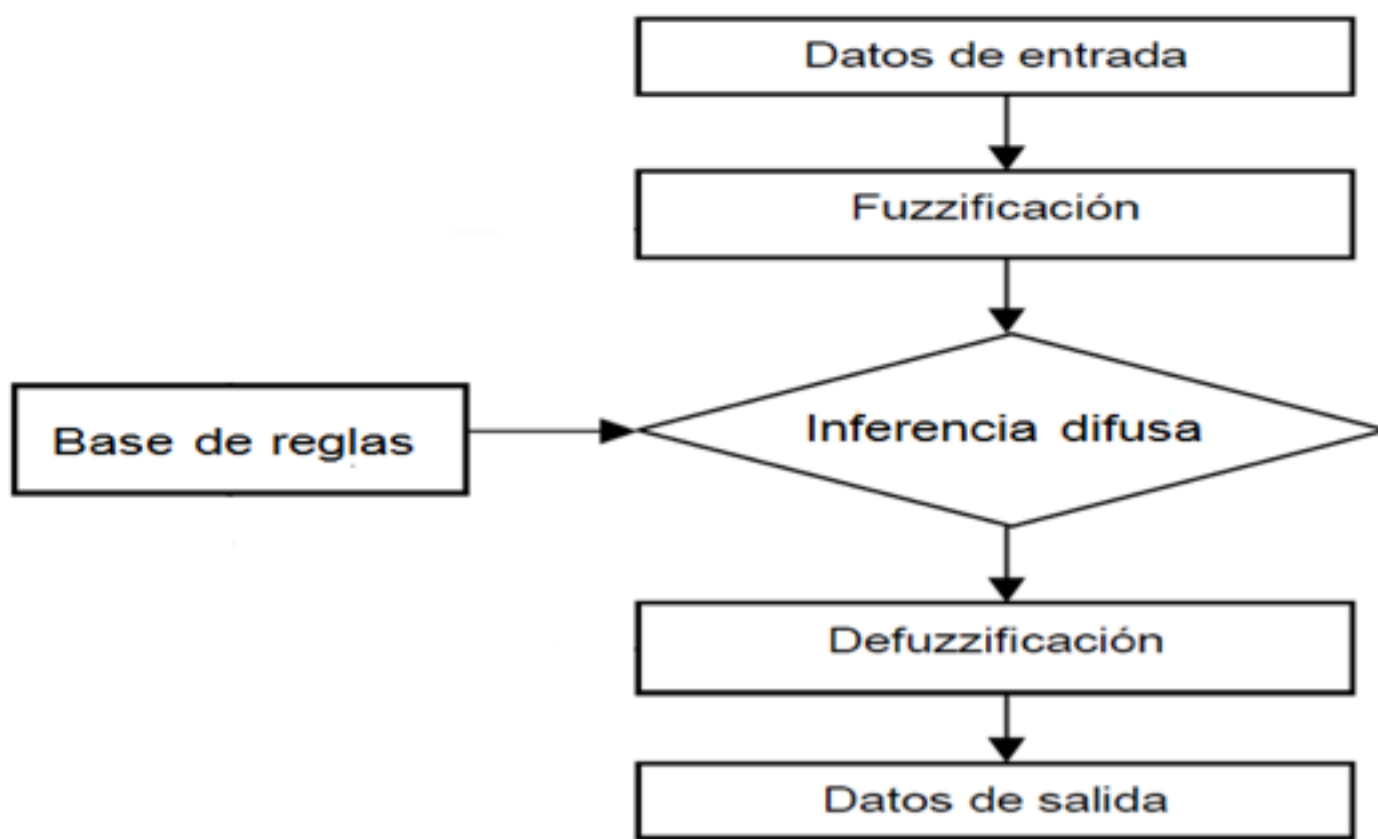
Aunque en un principio la lógica difusa encontró una fuerte resistencia en la comunidad científica, algunos investigadores se convirtieron en seguidores de las teorías de Zadeh y mientras él continuó ampliando y asentando los fundamentos de los conjuntos difusos, estos investigadores exploraron estas nuevas teorías durante la década de los 70. Además de las contribuciones de Zadeh, otros autores como Bellman, Lakoff, Goguen, Kohout, Smith, Sugeno, Chang, Dunn, Bezdek, Negoita, Mizumoto, Tanaka, Kandel y Zimmermann, realizaron aportes al desarrollo de las bases de esta teoría. Dentro de la lógica difusa la disciplina que se aborda en este trabajo es la inferencia difusa.

La inferencia difusa constituye el proceso de formulación de una respuesta a un modelo matemático, sobre la base de un conjunto de datos de entrada, utilizando para ello las técnicas propias de la lógica difusa. Esta respuesta generada, sirve a su vez como base sobre la cual se pueden tomar decisiones, o bien, distinguir patrones de comportamiento.

Los datos de entrada y las salidas deben ser variables concretas o crisp, pero el proceso intermedio es un sistema de inferencia difusa (FIS), el cual parte de asociar un número real (crisp) a un subconjunto difuso, para luego operar con él aplicándole un conjunto de reglas lógicas y llegar a una conclusión difusa sobre la que se realizará el proceso inverso, que consiste en convertir un subconjunto difuso en un valor real (crisp). (Wang y Bai, 2006)

En la figura 1 se muestra la lógica seguida por el sistema de inferencia difusa.

Fig.1  
Sistema de Inferencia Difusa.



Fuente: Adaptado de Wang y Bai, 2006.

La fuzzificación implica la conversión de los datos concretos en datos difusos usando las funciones de pertenencia. Esta información se toma como bases en 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.

Las reglas de inferencia constituyen la base de la lógica difusa para obtener las salidas del FIS. El sistema de reglas difusas usa variables lingüísticas como antecedentes y consecuentes. El antecedente expresa una inferencia o desigualdad que se debe satisfacer. El consecuente es lo que se puede inferir y es la salida si la desigualdad del antecedente es satisfecha. Se usan reglas tipo SI-ENTONCES, compuestas por el antecedente "SI" y el consecuente "ENTONCES", usando conectores "Y" u "O" para formar las reglas de decisión necesarias.

Los dos tipos más importantes de métodos de inferencia son el modelo tipo Mandani, el más comúnmente usado e introducido por Mandani y Assilian (1975) y el modelo TSK (Takagi-Sugeno-Kang) propuesto por Sugeno y Takagi (1985). (Cogollo, 2010)

La principal diferencia entre estos dos métodos radica en el tipo de consecuente en las reglas difusas. Mientras en los sistemas tipo Mandani se usan conjuntos difusos como consecuente de la regla, en los sistemas TSK se emplean funciones lineales de las variables de entrada.

Una regla tipo Mandani característica es de la forma:

Si  $x_1$  es A y  $x_2$  es B y  $x_3$  es C entonces  $u_1$  es D,  $u_2$  es E.

Una típica regla TSK es de la forma:

Si  $x_1$  es A y  $x_2$  es B y  $x_3$  es C entonces  $u_1=f(x_1, x_2, x_3)$ ,  $u_2=g(x_1, x_2, x_3)$ .

La defuzzificación, es un proceso matemático usado para convertir un conjunto difuso en un número real. "El resultado del proceso de inferencia tipo Mandani es un conjunto con una distribución difusa como respuesta. Sin embargo, dado que generalmente se utilizan respuestas puntuales que facilitan la toma de decisiones, es necesario eliminar la difusidad para obtener un número discreto o crisp." (Cogollo, 2010)

De ahí que se puede decir entonces que la defuzzificación es el proceso de convertir los valores borrosos de las variables de salida resultantes del proceso de inferencia, en información precisa y concreta expresada mediante un número discreto o críps.

En la literatura se describen varios métodos para eliminar la difusidad, entre los que se destacan el del centro del área, la bisectriz del área, el más pequeño de los máximos o el más grande de los máximos (Jang, 1997, pág. 640). El método adecuado depende del grado de ajuste del mismo a las consideraciones y restricciones de la aplicación que se desea hacer.

## 2. Metodología

La metodología de investigación empleada para alcanzar el objetivo planteado ha sido la revisión sistemática de bibliografía, lo que ha permitido arribar a las conclusiones que se exponen a continuación.

A partir del procedimiento propuesto por (Alonso, 2014), se aplica la inferencia difusa para determinación de un indicador global de servicio logístico al cliente.

Se tomó como base para el estudio los resultados de las encuestas de satisfacción que utiliza la división de tiendas de la Corporación CIMEX, así como el criterio de un grupo de expertos, lo que permitió obtener la información de entrada al modelo propuesto.

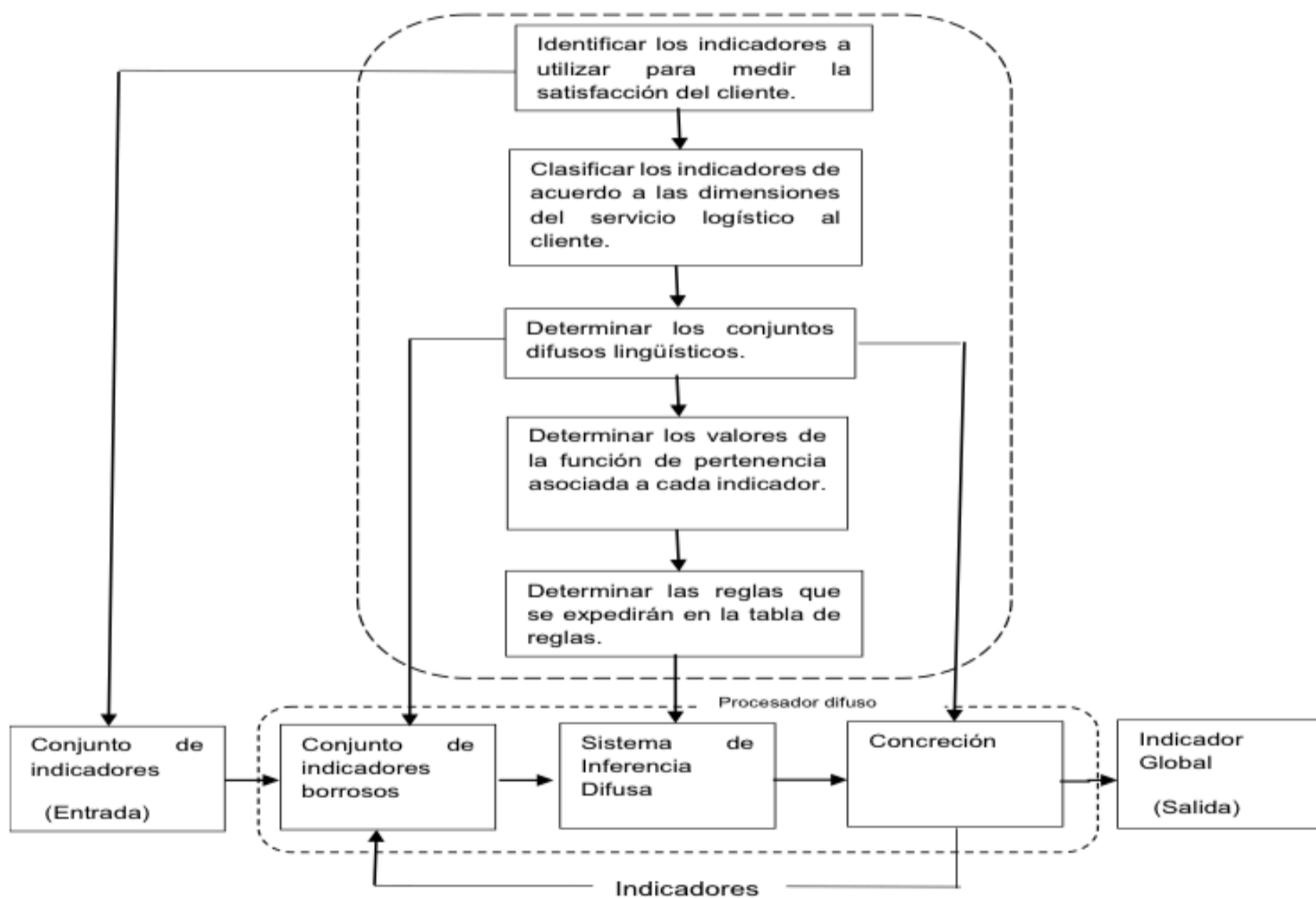
## 3. Resultados

### 3.1. Desarrollo del modelo difuso

El modelo difuso propuesto se observa en la figura 2

**Figura 2**

Modelo de lógica difusa diseñado para determinar el indicador global de satisfacción al cliente.



Fuente: Adaptado de Cogollo, 2010.

Como puede apreciarse el modelo está integrado por dos componentes: una base de conocimiento y un procesador difuso.

La base de conocimiento parte de la selección de los indicadores. Para ello se requiere de una fase previa de revisión bibliográfica y/o consulta con expertos sobre la aplicación del modelo de lógica difusa para determinar el indicador global seguida de una fase de caracterización y contextualización con la organización para determinar los niveles de aceptación que servirán de insumo para construir los conjuntos difusos y la función de pertenencia asociados a cada indicador y, posteriormente, construir la base de regla difusas necesaria para el procesador difuso.

El modelo propuesto ofrece un enfoque balanceado con indicadores que resultan adecuados al

contexto actual y a las necesidades y exigencias de la organización. Constituye además una herramienta de medición a diferentes niveles de toma de decisiones. Permite ampliar la información obtenida y aumentar la capacidad para representar fenómenos vagos o inciertos.

Por su parte el procesador difuso es el encargado de toda la operatoria matemática que permite arribar a los resultados.

## **3.2. Propuesta de indicadores para medir la satisfacción del cliente**

Las organizaciones pueden establecer para la satisfacción del cliente tantos indicadores como consideren necesarios. En ocasiones estos suelen ser muy abarcadores, lo cual dificulta su medición y monitoreo, sin tener en cuenta que su gestión puede mejorar si usan pocos indicadores siempre que sean buenos. Se plantea entonces la necesidad de seleccionar un subconjunto de indicadores denominados Indicadores Claves que sean representativos, que se puedan medir con relativa facilidad y al menor costo posible. Estos deben ser seleccionados de manera cuidadosa de acuerdo al direccionamiento estratégico, los recursos disponibles (humanos, financieros, tecnológicos, etc.), las condiciones y los referentes del mercado.

Se tomó como base para comenzar el estudio la encuesta de satisfacción de clientes que se utiliza en todas las sucursales de la división de tiendas de la Corporación. A partir de las preguntas de la encuesta se realizó una agrupación de las mismas y se determinaron 6 indicadores preliminares, de los que se presenta una breve descripción:

### **1. Variedad de la oferta**

Se refiere a la diversidad de productos y servicios con que cuenta la entidad. El cumplimiento de estos requisitos garantizará la inexistencia de quejas de los clientes por este concepto. Este indicador se calcula como un índice a partir de la relación entre el total de productos genéricos y el total de productos que comercializa la entidad.

Se considera como producto genérico al total de productos del mismo tipo en cuanto a sabor, talla, marca, color, etc. Según el criterio de los expertos del total de productos que se ofertan, alrededor del 50% deben ser productos genéricos.

### **2. Agotamiento de existencias**

Se refiere a la gestión de la entidad para evitar e impedir el agotamiento de los productos que ella oferta. El cumplimiento de estos requisitos garantizará la inexistencia de quejas de los clientes por este concepto.

### **3. Tiempo de ciclo**

Se refiere a la duración del pedido-entrega, es decir, al tiempo que transcurre desde el momento en que el cliente llega a la entidad hasta que sale con la mercancía de la misma. Incluye tanto el tiempo que espera el cliente para ser atendido como el tiempo que demora para pagar. Indicador en el que resulta importante que el personal encargado de realizar este proceso posea la agilidad necesaria para sugerir alternativas y desplegar estrategias que satisfagan a ambas partes, en el menor tiempo posible, en función de lograr la fidelización de los clientes.

### **4. Información sobre el producto**

La calidad en la atención al cliente depende muy directamente de los empleados. No basta con la voluntad y el saber hacer. También es necesario que las personas que tienen que atender a los clientes quieran hacerlo con calidad, y en además sepan hacerlo. Este indicador se refiere a los conocimientos que tienen los empleados sobre los productos que venden, en aras de garantizar una gestión más eficiente.

### **5. Facilidades para realizar la compra**

El cliente espera cierto número de prestaciones antes, durante y después de la compra. Este indicador se refiere a la posibilidad que tiene la organización para garantizar las condiciones materiales necesarias que permitan una satisfacción en este sentido.

### **6. Capacidad de respuesta ante quejas y reclamaciones**

Ante cualquier queja, inquietud o sugerencia por parte de los clientes respecto a los productos que reciben, la entidad deberá responder de forma rápida y eficiente, brindándole la solución más oportuna de acuerdo a su reclamación, en un período de 72 horas como máximo. Este indicador puede ser medido a través de la relación entre el número de quejas atendidas como máximo a las

### 3.3. Clasificación de los indicadores según las dimensiones de servicio logístico al cliente

El servicio logístico al cliente posee cuatro dimensiones: Tiempo, Fiabilidad, Comunicación y Conveniencia. De acuerdo a la importancia que estas dimensiones tienen para el mismo, y dado que cada uno de los indicadores propuestos constituye a su vez indicadores que se relacionan con la gestión logística de la organización se procede a clasificar cada uno según la dimensión que corresponda.

**Fig. 3**  
Clasificación de los indicadores logísticos según dimensión



De acuerdo al objetivo del trabajo, donde se pretende mediante la inferencia difusa buscar un indicador global que permita medir el índice de satisfacción del servicio logístico al cliente (ISLC), se decidió dentro de cada dimensión escoger el indicador más representativo. Para ello se tomó en cuenta la opinión de un grupo de expertos tanto de la entidad como de la academia y se seleccionaron los que se presentan en la figura.

**Fig. 4**  
Indicadores logísticos por dimensión



### 3.4. Determinar los conjuntos difusos y funciones de pertenencia de los indicadores

El Sistema de Inferencia Difusa toma como variable de entrada el indicador seleccionado en cada

dimensión y como variable de salida el ISLC.

De ahí que resulte necesario definir para cada indicador los conjuntos lingüísticos difusos y las funciones de pertenencia.

A partir de las características del estudio y tomando como base los referentes teóricos consultados se decide trabajar con un número borroso triangular y utilizar como conjunto lingüístico las categorías de alto, medio y bajo haciendo coincidir la escala utilizada de satisfecho, medianamente satisfecho e insatisfecho que utiliza la cooperación para medir las respuestas a las preguntas en la encuesta de satisfacción.

En el caso de la variable de salida ISLC se toma como referencia los intervalos preestablecidos para el Índice de Satisfacción del Cliente definido por la Corporación.

A continuación, se presentan las funciones de pertenencia tanto para las variables de entradas como para la variable de salida.

**Tabla 1**  
Conjuntos lingüísticos difusos y funciones de pertenencia.

Parámetros	Clasificación de los intervalos		
	Bajo	Medio	Alto
Tiempo de ciclo	0 - 79.99	80 - 89.99	90 - 100
Agotamiento de existencias	0 - 79.99	80 - 89.99	80 - 100
Información sobre las características del producto	0 - 79.99	80 - 89.99	90 - 100
Facilidades para realizar la compra	0 - 79.99	80 - 89.99	90 - 100

La información anterior se introduce la información en el software Matlab© versión 7.6.0 para su procesamiento.

### 3.5. Determinar las reglas de inferencia difusa

Definir las reglas constituye una de las partes más importante en el diseño del modelo difuso pues además del análisis de la información histórica incorpora el juicio de los expertos.

Este modelo contiene cuatro sistemas de reglas para las dimensiones y un sistema de reglas para el Indicador Global. Para lo cual se elaboró una matriz completa de conclusiones considerando todas las posibles combinaciones de las entradas y asignando una conclusión a cada una. De acuerdo al juicio emitido por los expertos los parámetros utilizados para evaluar cada indicador fueron agrupados en 3 categorías difusas: bueno, regular y malo.

La dimensión tiempo es considerada por los expertos como la de mayor peso, dado que el tiempo de ciclo es calificado como uno de los principales elementos que componen el servicio logístico al cliente. Se estima sea esta una de las dimensiones logísticas más abarcadora, integrada por actividades que resultan claves para la correcta satisfacción de las necesidades del cliente.

Razones por las cuales los expertos han decidido que en caso de que exista un empate al diseñar las reglas difusas, la evaluación del indicador tiempo de ciclo es la que mayor influencia va a ejercer sobre el Indicador Global.

Otro elemento importante definido por los expertos en el establecimiento de las reglas es que siempre que una de las variables de entrada sea evaluada de baja el indicador global no podrá tener una evaluación de alto

Como ya ha sido expuesto, cada dimensión es evaluada a través de una variable cada una de las cuales tienen 3 categorías difusas: bajo, medio y alto existen  $3^4=81$  posibles combinaciones en la matriz de definición de reglas para el modelo (Ver Tabla 2).

Los valores en las celdas representan el consecuente que describe cada combinación y corresponde a las categorías o etiquetas lingüísticas de los subconjuntos difusos de la variable de salida; así, "B" corresponde a bueno, "M" es medio, y "A" es alto. Cualquier celda en la matriz puede ser expresada como una regla. Por ejemplo, la celda sombreada en la Tabla 2 corresponde

a la siguiente regla: SI el agotamiento de existencia es bajo Y el tiempo de ciclo es medio Y la información sobre el producto es bajo Y las facilidades para la compra es medio ENTONCES el indicador global es medio. Nótese que en esta regla hay empate pues dos indicadores clasifican como bajo y dos como medios, pero tal como se planteó con anterioridad como el tiempo de ciclo es considerado de mayor importancia y su evaluación es medio el indicador global será evaluado de medio.

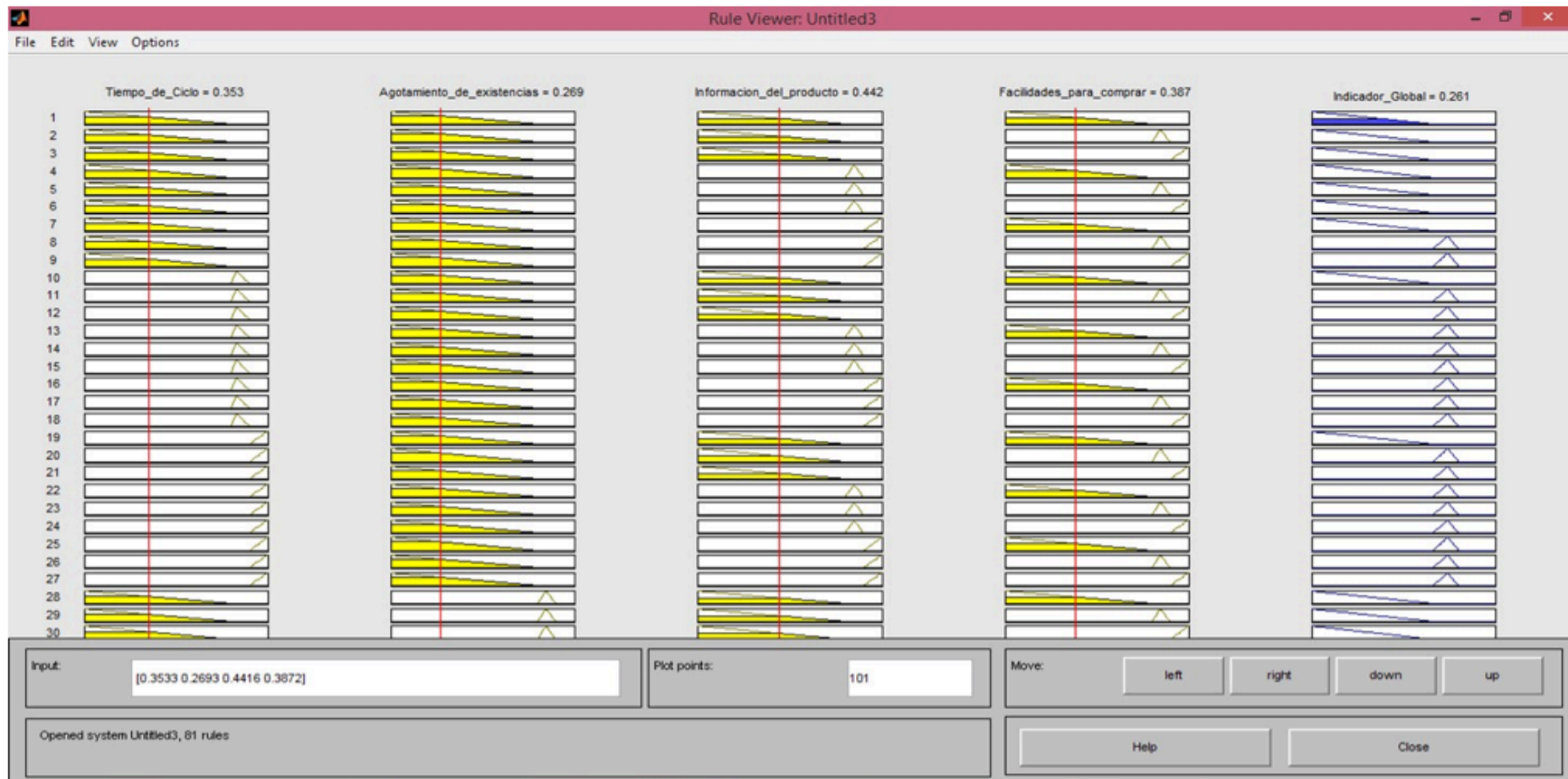
Tabla 2  
Reglas de inferencia difusa

		Tiempo de Ciclo													
		Bajo				Medio				Alto					
Agotamiento de Existencias	Bajo	Información sobre el producto	Facilidades para comprar.			Información sobre el producto	Facilidades para comprar.			Información sobre el producto	Facilidades para comprar.				
			Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto		
				Bajo	B	B	B	Bajo	B	M	M	Bajo	B	A	A
				Medio	B	B	B	Medio	M	M	M	Medio	A	A	A
				Alto	B	B	B	Alto	M	M	M	Alto	A	A	A
	Medio	Información sobre el producto.	Facilidades para comprar.			Información sobre el producto.	Facilidades para comprar.			Información sobre el producto.	Facilidades para comprar.				
			Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto		
				Bajo	B	B	B	Bajo	M	M	M	Bajo	M	M	A
				Medio	B	M	M	Medio	M	M	M	Medio	A	M	A
				Alto	B	M	M	Alto	M	M	M	Alto	A	A	A
	Alto	Información sobre el producto.	Facilidades para comprar.			Información sobre el producto.	Facilidades para comprar.			Información sobre el producto.	Facilidades para comprar.				
			Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto		
				Bajo	B	B	B	Bajo	M	M	M	Bajo	A	A	A
				Medio	B	M	M	Medio	M	M	M	Medio	A	A	A
				Alto	B	M	A	Alto	M	M	A	Alto	A	A	A

Los resultados del procesador difuso (IFS) se muestran a partir de la salida de máquina del software que se presenta en la Figura 5. Para ello se utilizaron 4 indicadores seleccionados en cada una de las dimensiones. En este caso los cuatro indicadores se calculan a través del índice de quejas obtenido de los resultados de las encuestas de satisfacción. La cantidad de clientes que no responden no se toma en consideración debido a que estos por una razón u otra no emiten ninguna opinión de satisfacción o no, y por tanto puede distorsionar el resultado.

**Figura 5**  
Salida del software MATLAB con resultados del modelo





Como se puede apreciar el indicador global resultante fue de 26.1 %, resultado que de acuerdo a conjuntos lingüísticos definidos es clasificado como bajo, lo cual guarda relación con los valores de los indicadores utilizados para su calculo que fueron igualmente clasificados como bajos. Resulta entonces importante que la entidad realice un análisis de su sistema logístico para su rediseño con vistas a elevar el índice de satisfacción de sus clientes.

## 4. Conclusiones

El uso de la inferencia difusa es una herramienta que permite sintetizar en un indicador global el comportamiento de un conjunto de indicadores, de ahí que resulte válida para la determinación del índice de satisfacción del servicio logístico al cliente.

Los resultados obtenidos demuestran que la División de Tiendas de la Corporacion CIMEX requiere de un rediseño de su sistema logístico con vistas a revertir el bajo índice de satisfacción de sus clientes.

## Referencias bibliográficas

- ALONSO BOBES, A. R. (2009). *Propuesta de un Procedimiento para el Diseño del Servicio Logístico al Cliente en la empresa CITMATEL*. (Tesis de Maestría en Administración de Negocios), La Habana.
- ALONSO BOBES, A. R., & Felipe Valdés, P. (2014). Servicio Logístico al cliente en empresas de servicios: Procedimiento para su diseño. *Revista Economía y Desarrollo*, 152(2), 184-192.
- BLANCO, B. (2007). *Procedimiento para la Evaluación de los Riesgos Empresariales de Operación con métodos de las matemáticas borrosas*. (Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Económicas), Universidad de La Habana.
- COGOLLO, J. F. (2010). *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 de Maestría), Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas, Colombia.
- JANG, J. S. (1997). *Neuro-Fuzzy and soft computing*. New Jersey: Prentice Hall.
- LAZZARI, L., Machado, E., & Pérez, R. (1999). Los Conjuntos Borrosos: Una Introducción. *Revista Cuadernos del Cimbage*(2), 1-25.
- WANG, Y., & Bai, D. (2006). *Advanced fuzzy logic technologies in industrial applications*. London, England: Springer.

1. Doctor en Ciencias Económicas. Profesor Auxiliar del Departamento de Ciencias Empresariales. Facultad de Economía. Universidad de la Habana. [alejandr@fec.uh.cu](mailto:alejandr@fec.uh.cu)

2. Doctora en Ciencias Económicas. Profesora Titular del Departamento de Ciencias Empresariales. Facultad de Economía. Universidad de la Habana. [maritza@fec.uh.cu](mailto:maritza@fec.uh.cu)

3. Doctor en Ciencias Económicas. Profesor Titular. Director de Investigaciones. Universidad ECOTEC. Ecuador.  
[rsorhegui@ecotec.edu.ec](mailto:rsorhegui@ecotec.edu.ec)

4. Doctora en Ciencias Económicas. Profesora Titular del Departamento de Ciencias Empresariales. Facultad de Economía.  
Universidad de la Habana. [yaimary@fec.uh.cu](mailto:yaimary@fec.uh.cu)

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 39 (Nº 27) Año 2018

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

©2018. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados