



Febrero 2018 - ISSN: 1696-8352

## INDICADOR FUZZY PARA EVALUAR EL GOBIERNO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Patricia Pérez Lorences <sup>1</sup>,  
Lourdes García Ávila <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Facultad de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial.  
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.  
Santa Clara, Villa Clara, Cuba,  
e-mail: [1patriciapl@uclv.edu.cu](mailto:1patriciapl@uclv.edu.cu)

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Patricia Pérez Lorences y Lourdes García Ávila (2018): "Indicador Fuzzy para evaluar el Gobierno de tecnologías de la información", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (febrero 2018). En línea:

<http://www.eumed.net/2/rev/oel/2018/02/indicador-fuzzy-informacion.html>

### RESUMEN

El objetivo de este artículo es proponer un indicador *fuzzy* para evaluar el gobierno de Tecnologías de la Información (TI) en las empresas. El diseño del indicador, basado en la lógica difusa compensatoria, incluyó el nivel de organización de la función de TI considerando la definición de responsabilidades, estructuras y roles; el grado de alineación estratégica, el nivel de gestión de los riesgos de TI, y el nivel de implementación de buenas prácticas. Fue diseñado considerando la utilización de los predicados difusos y su representación a través de árboles difusos. Los resultados obtenidos en el estudio del sistema empresarial de Villa Clara, demostraron su factibilidad de aplicación y evidenciaron que aún se adolece de un adecuado gobierno de TI en función de los requerimientos empresariales.

**PALABRAS CLAVES:** tecnologías de la información - gobierno de TI – gestión de TI – lógica difusa - lógica difusa compensatoria

### FUZZY INDICATOR FOR IT GOVERNANCE ASSESING

#### ABSTRACT

*The objective of this paper is to propose a fuzzy indicator for IT governance assessing in the enterprises. The indicator's design included the organizational level of the IT function considering the responsibilities, structures and roles definition; the strategic alignment degree, the IT risk management level, and good practices implementation's level. The indicator was designed considering the fuzzy predicates and its fuzzy tree representation. The results obtain studying the Villa Clara enterprises landscape, confirmed the feasibility's application of the instruments designed and show a lack of adequate IT governance based on business requirements.*

**KEY WORDS:** Information Technology - IT Governance - IT Management - Fuzzy Logic - Compensatory Fuzzy Logic

## 1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la información (TI) han revolucionado el mundo empresarial de forma irreversible y en el contexto de la era de la información se incrementan las inversiones en TI, pasando a ser un importante componente competitivo para las empresas (Dehning et al, 2004). El valor de estos recursos ha sido enmarcado en varios aspectos como son: ser soporte vital de la gestión de la información para garantizar la adaptación estratégica imprescindible en la actualidad (Diniz de Almeida Moraes et al., 2004), ser un factor clave en la eficiencia de la toma de decisiones empresariales (Jalal Karim, 2011), ser importantes activos para apalancar la transformación organizacional (Besson y Rowe, 2012) e incrementar la eficiencia y efectividad de los procesos (Huang Yen et al., 2009). Los beneficios operacionales son: el incremento de la productividad y eficiencia, reducción de costos y mejoramiento de la calidad; y entre los beneficios estratégicos, están fundamentalmente: la elevación de la posición competitiva y la mejora de la flexibilidad estratégica (Tu y Wang, 2003). Estudios específicos han evidenciado empíricamente la relación positiva entre el empleo de TI y el aumento de la rentabilidad empresarial (Piñeiro Sánchez, 2006); la elevación de la productividad (Neirotti y Paolucci, 2007); la mejora en el desempeño de los procesos que induce a la elevación del desempeño empresarial (Prasad y Heales, 2010); y la mejora en el desempeño de los servicios (Roberto Giao et al., 2010).

Medir el valor que aportan las TI en una empresa ha sido una ciencia ampliamente estudiada dada su complejidad. Numerosos autores (Braz Ferreira y Martins Ramos, 2005); (Hyvönen, 2007) han estudiado investigaciones precedentes sobre el aporte de valor de TI al negocio. Los resultados de estas investigaciones (Leidner et al., 2010); (Peters y Poon, 2011) son predominantemente positivos, aunque se observaron resultados contradictorios en la década de los 90 donde se reconoció la denominada “paradoja de la productividad”. Algunos autores indican que una de las explicaciones de este fenómeno es la existencia de variables intermedias que deben ser consideradas, englobadas en el término “capacidades de TI” (*IT capabilities*). Entre estas variables se encuentran los facilitadores intangibles de TI que engloban las prácticas de gestión (Huan et al., 2006); (Bharadwaj, 2000).

La instalación de estos recursos no es suficiente para aprehender las utilidades esperadas de las TI, pues solo ofrecen una capacidad potencial que la empresa debe desarrollar y adaptar a su contexto específico de negocios, poniendo en juego habilidades de gestión. El valor obtenido por TI es un fenómeno que conjuga tecnología y organización (Graniel, 2011). Existen estudios que prueban que las compañías que muestran un exitoso retorno de su inversión en TI, tienen mejores prácticas de gestión de TI que les permiten adaptar sus rutinas organizacionales para satisfacer las necesidades del negocio (Neirotti y Paolucci 2007). Otros demuestran que la influencia de TI sobre las utilidades futuras de la empresa depende de diversos factores contextuales como la calidad de gestión y el alineamiento estratégico (Kobelsky et al., 2008) (Yao et al., 2010), siendo imprescindible tener una clara visión estratégica del papel de TI en el negocio (Laurindo et al., 2001). Se han encontrado evidencias empíricas que prueban que la planificación y gestión de TI influye en la dotación de recursos materiales y humanos de TI, los cuales tienen efectos positivos en el desempeño organizacional (Bulchand-Gidumal y Melián-González, 2011). Igualmente se ha comprobado que los esfuerzos de gestión para sostener altos niveles de capacidad de TI se traducen en ventajas competitivas sostenibles (Masli et al., 2011).

Es indudable entonces que para lograr el aporte de valor esperado de los recursos de TI, la empresa está obligada a gestionarlos formalmente considerando su alineación a los objetivos de negocio. De ahí que la gestión de TI se ha convertido en un área de relevancia científica en la actualidad que se reconoce bajo el concepto “Gobierno de TI” por su término en inglés *IT Governance*.

Numerosos artículos en la literatura debaten y teorizan el concepto de Gobierno de TI, usando diferentes ópticas como: el alineamiento entre TI y el negocio (Armstrong & Sambamurthy, 1999; Bakos & Treacy, 1986; Henderson & Venkatraman, 1992; Lederer & Mendelow, 1987; Lederer & Sethi, 1988; Luftman, et al., 1999; Reich & Benbasat, 1996; Tavakolian, 1989); la relación entre el Chief Executive Officer (CEO) y el Chief Information Officer (CIO) (Feeny, et al., 1992), y el rol de TI (Sambamurthy, et al., 2003; Kaarst-Brown, 2005) (Caporarello, 2008).

Definiciones sobre Gobierno de las TI son aportadas por numerosos autores, pero en el análisis realizado es posible establecer que este concepto tiene como rasgos invariantes: la alineación estratégica de TI al negocio, la gestión de riesgos de TI, la organización de la función de TI, considerando estructuras, procesos, y mecanismos relacionales; y la implementación de buenas prácticas.

Los conjuntos borrosos o difusos (*fuzzy sets*) nacieron con ese nombre en 1965, a partir del artículo del profesor de Ingeniería Electrónica de la Universidad de California en Berkeley, y fundador de la teoría, Lofti A. Zadeh (Zadeh, 1965), convirtiéndose en una poderosa herramienta para representar el conocimiento humano, pues la ambigüedad es una característica inherente al lenguaje natural y ocurre cuando una palabra puede tener más de un sentido, conocido por polisemia (Simón Cuevas y EstradaSentí, 2008).

En general la lógica difusa se utiliza cuando se quieren representar y operar conceptos que tengan imprecisión o incertidumbre, que no tienen criterios de pertenencia definidos de forma precisa. Permite representar el conocimiento común (que es mayoritariamente del tipo lingüístico cualitativo y no necesariamente cuantitativo) en un lenguaje matemático a través de la teoría de conjuntos difusos y funciones características asociadas a ellos (Zadeh, 1983; Hájek, 2006).

El instrumento fundamental de comunicación humana es el lenguaje, formado por frases de tipo interrogativo, imperativo y declarativo. Estas últimas constituyen el elemento básico de descripción del conocimiento. Precisamente la lógica de predicados estudia las frases declarativas con un grado de detalle, considerando la estructura interna de las proposiciones. Se modelan elementos del lenguaje como  $y(\wedge)$ , o  $(\vee)$ ,  $\text{no}(\neg)$ ,  $\text{si... ent} (\rightarrow)$ ,  $\text{si y solo si} (\leftrightarrow)$ , etc. (Novák 2012). La manera más apropiada de hacerlo es a través de lógicas multivalentes con valores en el intervalo  $[0,1]$ . También se pueden utilizar modificadores. Estos son operadores que modelan palabras como muy, algo, bastante, etc; y modifican el valor de verdad de una proposición intensificando, moderando y ejerciendo otros efectos. Los modificadores más utilizados son funciones de la forma  $f(x)=x^a$  donde  $a$  es un exponente mayor o igual que cero. Suelen utilizarse por ejemplo los exponentes 2 y 3 para modelar las palabras muy e hiper, y el exponente  $\frac{1}{2}$  para modelar las palabras algo y más o menos (Espín Andrade, 2006).

Los predicados tienen un valor de veracidad que depende de sus términos. Es decir, un predicado puede ser verdadero para un conjunto de términos, pero falso para otro. Como los predicados son difusos, para calcular la veracidad se utilizan las conectivas de la lógica difusa involucrada. Una característica a destacar en la lógica difusa es que no existe una definición unívoca de algunas de las operaciones clásicas como la unión o la intersección de conjuntos, sino que existen múltiples formas de desarrollar estas operaciones (Stout, 2010). Esto implica que a la hora de utilizar conjuntos difusos se debe definir no sólo las funciones de pertenencia que caracterizan cada conjunto, sino también el operador concreto a utilizar para desarrollar cada operación.

La falta de compensación es una dificultad seria de un modelo que pretenda normar o describir la realidad del modo de pensar que lleva a la decisión. La Lógica Difusa Compensatoria (LDC) es sensible ante cambios en los predicados básicos. Es interpretable de acuerdo a escalas categoriales de veracidad y permite la compensación de los valores de unos predicados básicos con otros (Espín Andrade, 2006). La LDC además de aportar un sistema formal con propiedades lógicas de notable interés, constituye un puente entre la Lógica y la Toma de Decisiones (Racet Valdés, 2009). El enfoque teórico multivalente que ofrece relaciona de manera natural el pensamiento deductivo y las preferencias humanas. Es una oportunidad para usar el lenguaje como elemento clave de comunicación en la construcción de modelos semánticos que faciliten la evaluación, la toma de decisiones y el descubrimiento de conocimiento (Espín Andrade, 2009).

Considerando que los elementos que permiten evaluar la gestión de TI en una empresa son conceptos que se corresponden con las características descritas, en esta investigación se considera que la lógica difusa compensatoria, a partir de la representación del conocimiento usando los predicados difusos, constituye una herramienta factible para construir índices que permitan evaluar dicha gestión en una empresa y estudiar globalmente el comportamiento en u

n sistema empresarial. Actualmente han surgido herramientas que facilitan el diseño y evaluación de predicados difusos, convirtiéndose en herramientas útiles para apoyar la toma de decisiones. Entre estas se destaca el desarrollo reciente en el 2010 del Sistema Fuzzy Tree Studio<sup>1</sup>; sistema de soporte a decisiones basado en árboles con operadores de lógica difusa.

Los estudios realizados en algunas empresas de la provincia Villa Clara mediante la aplicación del procedimiento para evaluar y mejorar la gestión de Tecnologías de la Información (Pérez Lorences 2010); evidenciaron la existencia de problemas. Sin embargo, aún no era posible afirmar que la gestión de TI constituía un elemento importante a mejorar en este sistema empresarial pues no se habían llevado a cabo estudios globales que permitieran arribar a esta conclusión. El procedimiento propuesto por Pérez Lorences (2010) (Pérez Lorences 2010), es una herramienta enfocada en el análisis detallado de un caso de estudio, por lo que la implementación de la fase de diagnóstico requiere periodos de tiempo que no posibilitarían considerar esta herramienta para estudios globales. La carencia de estudios de este tipo imposibilitaba una adecuada caracterización de la situación actual que tienen al respecto las empresas de la provincia, impidiendo por ende, realizar una adecuada proyección de estrategias de mejoramiento que tributen a la mejor utilización de estos valiosos recursos y por tanto a la necesidad actual del país en función de lograr un mejor desempeño empresarial.

Adicionalmente, no se encontraron precedentes en el análisis bibliográfico realizado, de la utilización de la lógica difusa para evaluar el gobierno de TI en una empresa y en estudios globales. Todo lo anterior motivó la realización de la presente investigación cuyo objetivo se centró en desarrollar un indicador *fuzzy* para evaluar el gobierno de TI, utilizando los predicados difusos y su representación a través de árboles difusos. La factibilidad de aplicación del indicador y su utilidad como herramienta para evaluar el gobierno de TI fue demostrada en un estudio realizado en el sistema empresarial de Villa Clara. En este artículo se muestra una breve descripción de la construcción del indicador y los resultados de su aplicación. Para esto se presenta la estructura siguiente: (1) introducción, (2) métodos, (3) resultados, (4) discusión, (5) conclusiones y (6) referencias.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Construcción del indicador *fuzzy* para evaluar la gestión de TI

Para la construcción del indicador se siguieron las siguientes fases:

1. Revisión detallada de la bibliografía y construcción de un mapa conceptual de gestión de TI
2. Declaración de los objetivos del indicador
3. Definición de las formulaciones verbales del modelo global de lógica difusa
4. Traducción al lenguaje del cálculo de predicados
5. Diseño del instrumento de recopilación de información
6. Definición de la escala del indicador
7. Construcción del árbol difuso en el sistema Fuzzy Tree Studio

La revisión bibliográfica permitió identificar que la gestión de TI tiene dos aristas fundamentales: la alineación estratégica de TI a los objetivos del negocio y la gestión de riesgos de TI. Adicionalmente debe considerarse la implementación de buenas prácticas y la organización de TI dentro de la organización, esta última considerando estructuras, procesos y mecanismos relacionales.

En este sentido los objetivos del indicador que quedaron definidos fueron:

- Evaluar el nivel de organización de TI en la empresa (definición de las responsabilidades, estructuras organizacionales y procesos de TI existentes).
- Evaluar el desempeño de las aristas principales de la Gestión de TI (alineación estratégica y gestión de riesgos).
- Evaluar el nivel de implementación de buenas prácticas de Gestión de TI en las empresas.

---

<sup>1</sup> GESUALDO, S. "Sistema de Soporte a Decisiones Basado en Árboles con Operadores de Lógica Difusa". Informe Final De Sistema Fuzzy Tree Studio. Universidad CAECE Mar del Plata. Argentina. 2010

A continuación aparecen las formulaciones verbales del modelo global de lógica difusa propuesto para evaluar el **Nivel de Gestión de TI** en una empresa, y su traducción al lenguaje del cálculo de predicados:

Una empresa posee un elevado nivel de gestión de TI si 1) el *nivel de organización de TI dentro de la empresa es sólido* y 2) *es muy alto el grado de alineación estratégica entre TI y el negocio* y 3) *es muy alto el nivel de la gestión de riesgos de TI* y 4) *el nivel de implementación de buenas prácticas de Gestión de TI es elevado*.

El modelo es el siguiente predicado compuesto:

$$NGTI = OTI \cap AETI \cap GRTI \cap IBPTI \quad (1)$$

Donde:

NGTI: valor de verdad del nivel de gestión de TI

OTI: valor de verdad del nivel de organización de TI

AETI: valor de verdad del grado de alineación estratégica entre TI y el negocio

GRTI: valor de verdad del nivel de la gestión de riesgos de TI

IBPTI: valor de verdad del nivel de implementación de buenas prácticas de Gestión de TI

A su vez este modelo de predicado compuesto se explica detalladamente a continuación:

1) Una empresa tiene un nivel de organización de TI sólido si 1.1) el *grado de definición de responsabilidades es alto* y 1.2) el *grado de definición de estructuras organizacionales es alto* y existe un proceso de gestión de TI definido.

1.1) El grado de definición de responsabilidades es alto si existe un responsable máximo de TI y es miembro del consejo de dirección.

1.2) El grado de definición de estructuras organizacionales es alto si la función de TI está ubicada en el organigrama de la empresa y existe un grupo o departamento de TI, y los roles y responsabilidades de cada miembro están definidos y asignados.

$$OTI = (RTI \cap CD) \cap (FTI \cap GGTI \cap RR) \cap PGTI \quad (2)$$

Donde:

RTI: valor de verdad de la existencia de un responsable máximo en la empresa

CD: valor de verdad de que el responsable de TI sea miembro del consejo de dirección

FTI: valor de verdad de que la función de TI está ubicada en el organigrama de la empresa

GGTI: valor de verdad de la existencia de un grupo o departamento de TI

RR: Valor de verdad de que los roles y responsabilidades de cada miembro están definidos y asignados

PGTI: valor de verdad de la existencia de un proceso de gestión de TI definido

2) Una empresa tiene muy alto grado de alineación estratégica entre TI y el negocio si el desempeño de TI es suficientemente tratado en el consejo de dirección y 2.1) existe un fuerte nivel de ajuste entre las estrategias de TI y las estrategias empresariales y es muy alta la frecuencia de entrega de propuestas de valor de TI para el negocio y es muy alta la frecuencia de solicitud de la dirección de nuevos proyectos de TI que añadan valor.

2.1) Existe un fuerte nivel de ajuste entre las estrategias de TI y las estrategias empresariales si el grado de definición e implementación de las estrategias de TI es muy alto, se tienen en cuenta las estrategias empresariales para su definición y ambas estrategias están fuertemente relacionadas.

$$AETI = DTI \cap (GDIETI \cap EE \cap REEGDI) \cap FETI \cap FSTI \quad (3)$$

Donde:

DTI: valor de verdad de que el desempeño de TI es suficientemente tratado en el consejo de dirección

GDIETI: valor de verdad del grado de definición e implementación de las estrategias de TI

EE: valor de verdad de que son tenidas en cuenta las estrategias empresariales para la definición de la estrategias de TI

REEGDI: valor de verdad de la relación de las estrategias empresariales y la estrategia de TI

FETI: valor de verdad de la frecuencia de entrega de propuestas de valor de TI para el negocio  
 FSTI: valor de verdad de la frecuencia de solicitud de la dirección de nuevos proyectos de TI añadan valor.

3) Una empresa tiene muy alto nivel de gestión de riesgos de TI si 3.1) este es un tema priorizado, 3.2) la alta dirección participa activamente y 3.3) la empresa implementa buenas prácticas. Si la alta dirección participa activamente entonces la gestión de riesgos no se limita al responsable de seguridad informática (RSI).

3.1) La gestión de riesgos de TI es un tema priorizado si se considera que es un tema de gran importancia para la empresa y los riesgos de TI son discutidos en los consejos de dirección para trazar planes de acción.

3.2) La alta dirección participa activamente si tiene conciencia de cómo los riesgos de TI pueden provocar daños a la empresa, participa en la identificación de los riesgos de TI que afectan el logro de los objetivos empresariales y evalúa las estrategias de disminución de riesgos de manera continua.

3.3) La empresa implementa buenas prácticas si la evaluación y administración de riesgos de TI siguen procedimientos estándares, se han identificado los riesgos de TI y el impacto potencial en los objetivos empresariales, se han planificado las medidas para disminuir los riesgos identificados y se realizan evaluaciones de riesgos de TI periódicamente.

$$GRTI = (IRTI \cap RTICD) \cap ((CRTI \cap PIRTI \cap EEDRTI) \rightarrow SE) \cap (PE \cap IRTIO \cap PMRTI \cap ERTI) \quad (4)$$

Donde:

IRTI: valor de verdad de la importancia del riesgo de TI para la empresa

RTICD: valor de verdad de que los riesgos de TI son discutidos en los consejos de dirección para trazar planes de acción.

CRTI: valor de verdad de que la alta dirección tiene conciencia de cómo los riesgos de TI pueden provocar daños a la empresa

PIRTI: valor de verdad de que la alta dirección participa en la identificación de los riesgos de TI que afectan el logro de los objetivos empresariales

EEDRTI: valor de verdad de que la alta dirección evalúa las estrategias de disminución de riesgos de manera continua

SE: valor de verdad de que la gestión de riesgos de TI es un tema que no se limita al responsable de Seguridad Informática

PE: valor de verdad de que se siguen procedimientos estándares para evaluación y administración de riesgos de TI

IRTIO: valor de verdad de que se han identificado los riesgos de TI y el impacto potencial en los objetivos empresariales

PMRTI: valor de verdad de que se han planificado las medidas para disminuir los riesgos identificados

ERTI: valor de verdad de que se realizan evaluaciones de riesgos de TI periódicamente

4) El nivel de implementación de buenas prácticas de Gestión de TI es elevado si se aplican estándares internacionales y 4.1) existe un alto nivel de aplicación de prácticas básicas de GTI.

4.1) Existe un alto nivel de aplicación de prácticas básicas de GTI si el Consejo de Dirección revisa los presupuestos y planes de las TI regularmente, se conforma un grupo de expertos para evaluar los proyectos de inversión de TI, se emplean indicadores para monitorear el desempeño de TI y su contribución a los objetivos empresariales, se gestiona la disponibilidad y seguridad de los servicios de TI de acuerdo a las prioridades de la empresa, existe un plan de capacitación para el personal involucrado en las TI basado en las deficiencias encontradas en las evaluaciones de desempeño, y los procesos de TI son monitoreados, evaluados y corregidos.

$$IBPTI = AEIT \cap (DRPPTI \cap EEPITI \cap IDTI \cap GDSTI \cap EPC \cap PTIMEC) \quad (5)$$

Donde:

AEIT: valor de verdad de que se aplican estándares internacionales en la gestión de TI

DRPPTI: valor de verdad de que el Consejo de Dirección revisa los presupuestos y planes de las TI regularmente.

EEPITI: valor de verdad de que se conforma un grupo de expertos para evaluar los proyectos de inversión de TI.

IDTI: valor de verdad de que se emplean indicadores para monitorear el desempeño de TI y su contribución a los objetivos empresariales.

GDSTI: valor de verdad de que se gestiona la disponibilidad y seguridad de los servicios de TI de acuerdo a las prioridades de la empresa.

EPC: valor de verdad de que existe un plan de capacitación para el personal involucrado en las TI basado en las deficiencias encontradas en las evaluaciones de desempeño.

PTIMEC: valor de verdad de que los procesos de TI son monitoreados, evaluados y corregidos.

El instrumento de recopilación diseñado fue un cuestionario, el cual se elaboró siguiendo las siete fases declaradas por Hernández Sampieri (Hernández Sampieri 2006) que permitieron llegar al diseño y validación del mismo. Quedó definida una sección por cada objetivo del indicador, y dentro de las cuatro secciones se reflejaron las preguntas que permitieron medir las variables e indicadores declarados. También se definieron las escalas y códigos para las variables ordinales y nominales respectivamente.

Para analizar el indicador global de “Nivel de Gestión de Tecnologías de la Información” (NGTI), deben analizarse individualmente el comportamiento de cada uno de los predicados que lo conforman y posteriormente de manera global los resultados para el sistema empresarial. La escala que se definió, considerando los valores de verdad se muestra en la tabla 1.

El predicado difuso descrito anteriormente para evaluar el Nivel de Gestión de TI en una empresa fue representado en un árbol difuso, empleando la herramienta *Fuzzy Tree Studio*. Los árboles difusos son una herramienta que permite representar gráficamente predicados difusos y evaluarlos en función de un juego de datos determinado. Contienen tres tipos de elementos: los nodos internos, los nodos hoja (aquellos de los cuáles no depende ningún otro nodo) y los arcos que los conectan. En esta representación, los objetos de los predicados difusos se visualizan como nodos hoja y las relaciones como nodos internos.

**Tabla 1. Escala del indicador NGTI.**

Valores	Clasificación
$1 \leq \text{NGTI} < 0,9$	Muy alto
$0,9 \leq \text{NGTI} < 0,8$	Alto
$0,8 \leq \text{NGTI} < 0,7$	Medio
$0,7 \leq \text{NGTI} < 0,6$	Bajo
$0,6 \leq \text{NGTI} < 0,5$	Muy bajo
$0,5 \leq \text{NGTI}$	Pésimo

Fuente: *Elaboración propia*

En el software se definieron las expresiones lingüística asociadas a cada predicado, sea simple (nodos hojas) o compuesto (nodos internos). Los nodos hojas utilizados fueron etiquetas lingüísticas por las características del modelo representado, y se definió la colección de etiquetas asociadas así como el valor de verdad correspondiente. Las etiquetas quedaron definidas en correspondencia con la escala determinada en el diseño del cuestionario y los valores de verdad fueron definidos a partir del criterio experto. Por ejemplo, la etiqueta lingüística “Tratamiento en el Consejo de Dirección” se corresponde a la pregunta 1 a) de la sección II del cuestionario “¿En el orden del día del Consejo de Dirección de su empresa se incluye un punto referido al desempeño de TI?”. Los valores de la escala ordinal definida son: (5. Siempre, 4. Frecuentemente, 3. En algunas ocasiones, 2. Solo a solicitud de algún miembro del Consejo de Dirección, por un problema puntual, y 1. Nunca). Se hizo corresponder las etiquetas con estas categorías, asignándole un valor de verdad absoluto (0.99) a la etiqueta 5 porque expresa la veracidad absoluta de este predicado y 0.01 a la etiqueta 1, que expresa que el predicado es absolutamente falso. Un término intermedio (3. En algunas ocasiones) se asoció a que el predicado es tan verdadero como falso (valor de verdad de 0,5) y el resto de las etiquetas se ajustaron a las escalas ofrecidas en la literatura. De manera similar se trabajó con las 29 etiquetas lingüísticas definidas.

Una vez diseñado el árbol difuso en el sistema se debe proceder a asociar el conjunto de datos. Este puede introducirse manualmente, en el caso en que se aplique la evaluación a una empresa individualmente ó se puede importar un conjunto de datos a partir de un archivo en

Excel o un texto plano, para realizar evaluaciones conjuntas como en el estudio de la presente investigación. A partir de la asociación del conjunto de datos es posible evaluar el grado de verdad. El objetivo de evaluar un árbol para un conjunto de datos dado es obtener el grado de pertenencia de ese conjunto al predicado difuso representado, por tanto en esta investigación el grado de verdad del predicado para cada conjunto de datos (correspondiente a un cuestionario) indicará el **Nivel de gestión de TI** de la empresa bajo estudio. Esta evaluación en el software se realiza de la siguiente manera:

1. Se calcula el grado de pertenencia de los objetos constituidos por conjuntos difusos utilizando algún criterio o, si corresponde, las funciones de pertenencia asociadas a cada uno.
2. Se recorre el árbol, desde las hojas hacia la raíz, calculando los valores de verdad de cada subárbol utilizando los operadores matemáticos de las relaciones presentes.

El sistema ofrece alternativas de resolución del predicado, a través de distintos modelos de operadores. Los modelos disponibles son:

- Estándar / Máx-Mín (Dubois & Prade, 1985)
- Probabilístico / Algebraico (Dubois & Prade, 1985)
- GMBCL (Geometric Mean Based Compensatory Logic) (Espin Andrade, Marx Gómez, Mazcorro Téllez, & Fernández González, 2003)
- AMBCL (Arithmetic Mean Based Compensatory Logic) (Bouchet, Pastore, Espin Andrade, Brun, & Ballarin, 2010)

Otro beneficio de los árboles difusos es la posibilidad de evaluar distintos conjuntos de datos y comparar el grado de pertenencia de cada uno de ellos. De esta manera, a partir de lotes de datos asociados a un árbol difuso es posible generar una lista de resultados que permita ordenar los conjuntos de entrada de acuerdo a su grado de pertenencia con el predicado difuso. También es posible evaluar el valor de verdad para todo el lote de datos. El valor de verdad para todo el conjunto de datos (todos los cuestionarios aplicados en el estudio) expresará la evaluación de la gestión de TI del sistema empresarial y si se solicita es posible generar un ranking con los resultados de las empresas para realizar comparaciones entre estratos o entre empresas de un mismo estrato.

### 3. RESULTADOS

A los efectos de la investigación, se definió la población del sistema empresarial de Villa Clara (SEVC) a estudiar como: las empresas estatales, sociedades anónimas con dependencias en el territorio, grupos empresariales y empresas nacionales con UEB en la provincia; que posean tecnologías de la información que apoyen en alguna medida sus objetivos empresariales. Estos requisitos son cumplidos por un total de 140 organizaciones que se identifican para el estudio como “empresas”, siendo este el tamaño de la población a estudiar. El tamaño de muestra calculado para el estudio, considerando un nivel de confianza del 95% fue de 103 empresas. Los ministerios y organismos de la administración central del estado que tienen empresas, válidas para este estudio, en la provincia Villa Clara, constituyen los estratos del muestreo. Algunas empresas pertenecen a determinados ministerios pero poseen dependencia administrativa del Poder Popular Villa Clara, convirtiendo a este organismo en un estrato.

Una vez introducidos todos los datos recopilados en el estudio en el sistema *Fuzzy Tree Studio*, se procedió a evaluar el valor de verdad de cada predicado individual, y del nivel de gestión de TI global. También se realizaron análisis adicionales del comportamiento por estrato. Se empleó el operador GMBCL (Espin Andrade, et.al, 2003), al reconocer los beneficios de la Lógica Difusa Compensatoria. Se construyó un árbol para cada predicado independiente y se asignaron los conjuntos de datos correspondientes. El software arroja los resultados individuales de cada empresa y expresa el resultado global a partir del cálculo de un operador cuantificador nombrado “Para todo”. Las evaluaciones pueden ordenarse y se exportan a ficheros en formato Excel ó PDF.

Los valores de verdad obtenidos para todo el conjunto de datos y su clasificación cualitativa según la escala propuesta, al evaluar independientemente cada predicado y el indicador global se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2: Resultados del análisis individual de los predicados del indicador.**

Predicado	Valor de verdad	Clasificación
Nivel de organización de TI	0,1923	Pésimo
Grado de alineación estratégica entre TI y el negocio	0,5485	Muy bajo
Nivel de la gestión de riesgos de TI	0,6861	Bajo
Nivel de implementación de buenas prácticas	0,0855	Pésimo
<b>Nivel de gestión de TI</b>	<b>0,2805</b>	<b>Pésimo</b>

Fuente: Elaboración propia a partir del sistema Fuzzy Tree Studio.

La gestión de riesgos de TI es el aspecto mejor tratado y orientado nacionalmente en las empresas. De las empresas estudiadas un 20,43% tienen un nivel muy alto de gestión de riesgos, el 10,75% se puede clasificar de alto y un 24,73% de medio; el 44,9% restante tiene un nivel bajo o inferior. En el caso de la alineación estratégica pudo comprobarse que solo una empresa tuvo un grado de alineación muy alto, y ocho se evaluaron de alto; el 21,51% se encuentra en el nivel medio, el 20,43% en nivel bajo y el 17,20% en muy bajo. El 31,18% de las empresas se encuentra en un nivel pésimo de alineación. Los peores resultados corresponden al nivel de organización de TI en las empresas y la implementación de buenas prácticas. En el primer caso, se constató que el 23,66% de las empresas tienen muy alto nivel de organización y solo una se clasificó en nivel muy bajo, sin embargo es alarmante que el 75,27% restante se encuentren en un nivel pésimo. Con respecto a la implementación de buenas prácticas la situación es crítica, estando el 81,72% de las empresas en un nivel pésimo.

El valor de verdad del nivel de gestión de TI del sistema empresarial de Villa Clara fue de 0,2805, lo que la ubica en un nivel pésimo; resultado que refleja la urgente necesidad de implementar iniciativas de mejoramiento en este sentido que se correspondan con la altísima importancia que estos recursos poseen en la actualidad para el logro de sus objetivos empresariales. Solo dos empresas de las estudiadas, se ubicaron en un nivel muy alto de GTI, y tres en nivel alto. Igualmente tres se encuentran en nivel medio, dos en nivel bajo y dos en muy bajo nivel. Las 81 empresas restantes, que representan el 87,1% del sistema empresarial se encuentran en un nivel pésimo; lo que resulta realmente preocupante.

Se calculó el comportamiento de los predicados y el indicador global para todos los estratos de la muestra. El nivel de organización de TI es muy alto solamente en el MINCEX, en el resto de los estratos su conducta oscila entre pésimo y muy bajo. El grado de alineación estratégica entre TI y el negocio es pésimo en el 29,41% de los estratos, muy bajo en el 23,53%, bajo en el 41,18%, alcanzando un comportamiento medio solo en un 5,88% representado por el INRH. Como se demostró, la variable que posee mejor conducta dentro del SEVC es el nivel de gestión de los riesgos de TI con un comportamiento alto en el 23,53% de los estratos, medio en el 35,29%, bajo en un 11,76%, muy bajo en el 23,53% y pésimo únicamente en AZCUBA (5,88%). Mientras que el nivel de implementación de buenas prácticas es pésimo en el 100% de los estratos, con valores de verdad inferiores a 0,20 en todos los casos. Resulta muy alarmante que el 100% de los estratos posee un nivel pésimo de gestión de TI, donde el INRH es el que más se acerca al comportamiento muy bajo con un valor de verdad de 0,4614.

#### 4. DISCUSIÓN

Como es posible observar, los resultados reflejan que aún existen muchos problemas relativos a la gestión de TI en el sistema empresarial de la provincia Villa Clara. Con relación a la alineación estratégica, si bien es cierto que la tendencia es favorable, se aprecia que la alineación es inadecuada pues el desarrollo de estrategias de TI debe implicar una consideración total de la estrategia empresarial para garantizar el aporte de valor de TI al negocio, práctica que no se manifiesta en el estudio. Respecto a este tema no existe una tendencia marcada hacia un comportamiento específico de ninguno de los estratos, lo que demuestra la homogeneidad del problema. El análisis de la frecuencia de entrega y solicitud de propuestas de valor de TI para el negocio reflejó que predominan las propuestas desde informática hacia la dirección, situación que puede estar dada por mecanismos inadecuados de gestión de TI dentro de la empresa que no favorezcan el intercambio de oportunidades entre ambas partes; lo que refleja una inadecuada alineación y la escasa proyección de la dirección con el uso de estas tecnologías.

La arista de la gestión de TI que arrojó el comportamiento más favorable en el estudio fue la gestión de riesgos de TI, como se pudo observar en los resultados, aunque se detecta una vez más la escasa proyección al negocio y el enfoque hacia la seguridad informática. Por otra parte, el aspecto que muestra un comportamiento más crítico es la organización de TI. Aunque resulta positivo el hecho de que esté definido un responsable máximo en la mayoría de las empresas, se demostró la heterogeneidad que al respecto existe en el SEVC. Referente a la subordinación, a nivel internacional existe una tendencia a la subordinación de los responsables de TI directamente a la dirección de la empresa debido a la importancia que tiene la gestión de esta actividad; práctica que aunque se muestra positivamente, ha demostrado que no prevalece en el SEVC. Se considera preocupante la exclusión de los responsables de TI de los consejos de dirección en casi el 30% de la muestra. A pesar de que es una cifra elevada de inclusión, no es suficiente, ya que el 98,92% de las empresas estudiadas reconocen que las TI son importantes o muy importantes para el logro de los objetivos empresariales; por lo que es necesario su participación en los CD. Es muy heterogénea la colocación que se le da a TI dentro de las empresas, incluyéndose los roles definidos y la posición en las estructuras organizacionales. La falta de organización reflejada atenta contra el uso de estos recursos al no propiciarse los mecanismos que faciliten su consideración estratégica y la alineación con el negocio. Esta situación confirma que no existe una correspondencia entre la organización de TI en las empresas y su percepción de la importancia para el logro de los objetivos.

El análisis sobre la implementación de buenas prácticas, nuevamente refleja cómo se carece de una adecuada gestión en función de los objetivos empresariales, predominando las prácticas operativas. La falta de monitoreo de estos recursos no permite juzgar su entrega de valor al negocio atentando contra el enfoque estratégico necesario de su utilización. El empleo de estándares internacionales es casi inexistente, por tanto la gestión de las TI es una función que se desarrolla empíricamente y como han reflejado los resultados del estudio es aún inadecuada e insuficiente.

En resumen puede considerarse que el estudio global corrobora los resultados obtenidos anteriormente en distintas empresas de la provincia, pudiéndose señalar la gestión de TI como una práctica empresarial aún deficiente y susceptible de mejoras considerables que garanticen la adecuada utilización de tan valiosos recursos. Estos resultados demuestran la necesidad inminente de implementar medidas de mejoramiento de la gestión de TI en el SEVC de manera general, sin exceptuar ninguno de los estratos estudiados, y hacia todas las direcciones o funciones de la misma. Deben priorizarse el nivel de implementación de buenas prácticas que es la variable más afectada y la definición de mecanismos y estructuras organizacionales adecuadas, aunque se evidencian deficiencias en todos los aspectos estudiados.

## **5. CONCLUSIONES**

1. El indicador *fuzzy* “nivel de gestión de TI”, basado en la utilización de los predicados difusos y su representación a través de árboles difusos; permite evaluar integralmente el nivel de gestión considerando sus cuatro funciones fundamentales: alineación estratégica, organización, gestión de riesgos e implementación de buenas prácticas. Este indicador constituye una novedad científica valiosa para llevar a cabo estudios globales de gestión de TI en un sistema empresarial.
2. La implementación del indicador en el estudio del sistema empresarial de la provincia Villa Clara en el año 2012, permitió constatar su factibilidad de aplicación y efectividad para evaluar el nivel de gestión de TI existente diagnosticando los principales problemas. Su implementación utilizando el sistema *Fuzzy Tree Studio* permite que la evaluación sea relativamente sencilla de realizar, siendo por tanto un instrumento novedoso, factible de aplicar y de gran utilidad.
3. La aplicación del indicador propuesto demostró que en el sistema empresarial de Villa Clara se adolece de una adecuada gestión de TI en función de los requerimientos del negocio. Los principales problemas están relacionados con la organización de la función de TI y la implementación de buenas prácticas, quedando evidenciado que es necesario realizar estudios específicos que permitan trazar estrategias particulares de mejoramiento en cada empresa, a partir de diagnósticos más detallados.

## 6. REFERENCIAS

1. Besson, P. y F. Rowe (2012). "Strategizing information systems-enabled organizational transformation: A transdisciplinary review and new directions." En *The Journal of Strategic Information Systems*, 21(2), p. 103-124.
2. Bharadwaj, A. S. (2000). "A resource-based perspective on information technology capability and firm performance. An empirical investigation. ." En *MIS Quarterly* , 24(1), p. 169-196.
3. Braz Ferreira, L. y A. S. Martins Ramos (2005). "Tecnología da informação: commodity ou ferramenta estratégica?" En *Journal of Information Systems and Technology Management*, 2(1), p. 69-79.
4. Bulchand-Gidumal, J. y S. Melián-González (2011). "Maximizing the positive influence of IT for improving organizational performance." En *The Journal of Strategic Information Systems*, 20(4), p. 461-478.
5. Caporarello, L. (2008). IT Governance: A framework proposal, and empirical study. Doctor of Philosophy in Management Information Systems, LUISS University.
6. Dehning, B., K. E. Dow y T. Stratopoulos (2004). "Information technology and organizational slack." En *International Journal of Accounting Information Systems*, 5(1), p. 51-63.
7. Diniz de Almeida Moraes, G., A. C. Fernández Terence and E. Escrivao Filho (2004). "A tecnologia da informacao como suporte a gestao estratégica da informacao na pequena empresa." En *Journal of Information Systems and Technology Management*, 1(1), p. 28-44.
8. Espín Andrade, R. (2006). "Compensatory Logic: A fuzzy normative model for decision making." En *Investigación Operacional* 27(2), p. 188-197.
9. Espín Andrade, R. (2009). "La Lógica Difusa Compensatoria: Una plataforma para el razonamiento y la representación del conocimiento en un ambiente de decisión Multicriterio." En *Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones: Métodos y Aplicaciones*. Editorial Plaza y Valdés / Universidad de Occidente, México, pp. 72-103.
10. Graniel, G. J. (2011). "La Tecnología de la Información como Factor Competitivo: Un Estudio en el APL Cosecha Metal-Mecánico Santa Rosa/Horizontina, RS, Brasil." En *Visión de Futuro*, 15(1), p. 16-38.
11. Hájek, P. (2006). "What is mathematical fuzzy logic." En *Fuzzy Sets and Systems*, 157(5), p. 597-603.
12. Hernández Sampieri, R. e. a. (2006). "Metodología de la investigación". México DF, Mc. Graw Hill.
13. Huan, S.-M., C.-S. Ou, C.-M. Chen y B. Lin (2006). "An empirical study of relationship between IT investment and firm performance: a resource-based perspective." En *European Journal of Operational Research*, p. 984-999.
14. Huang, S.-M., D. C. Yen, Y.-C. Hung, Y.-J. Zhou y J.-S. Hua (2009). "A business process gap detecting mechanism between information system process flow and internal control flow." En *Decision Support Systems*, 47(4), p. 436-454.
15. Hyvönen, J. (2007). "Strategy, performance measurement techniques and information technology of the firm and their links to organizational performance." En *Management Accounting Research*, 18(3), p. 343-366.
16. Jalal Karim, A. (2011). "The significance of management information systems for enhancing strategic and tactical planning." En *Journal of Information Systems and Technology Management*, 8(2), p. 459-470.
17. Kobelsky, K., S. Hunter y V. J. Richardson (2008). "Information technology, contextual factors and the volatility of firm performance." En *International Journal of Accounting Information Systems*, 9(3), p.154-174.
18. Laurindo, F. J. B., T. Shimizu, M. M. Carvalho and R. Rabechini Junior (2001). "O papel da tecnologia da informação (TI) na estratégia das organizações." En *Gestão e Produção*, 8(2), p. 160-179.

19. Leidner, D. E., D. Preston y D. Chen (2010). "An examination of the antecedents and consequences of organizational IT innovation in hospitals." En *The Journal of Strategic Information Systems*, 19(3), p.154-170.
20. Masli, A., V. J. Richardson, J. M. Sanchez y R. E. Smith (2011). "Returns to IT excellence: Evidence from financial performance around information technology excellence awards." En *International Journal of Accounting Information Systems*, 12(3), p. 189-205.
21. Neirotti, P. y E. Paolucci (2007). "Assessing the strategic value of Information Technology: An analysis on the insurance sector." En *Information & Management*, 44(6), p. 568-582.
22. Novák, V. (2012). "Reasoning about mathematical fuzzy logic and its future." En *Fuzzy Sets and Systems*, 192(0), p. 25-44.
23. Pérez Lorences, P. (2010). "Procedimiento para evaluar y mejorar la gestión de tecnologías de la información en empresas cubanas". Máster en Informática Empresarial, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
24. Peters, G. y S. Poon (2011). "Analyzing IT business values – A Dominance based Rough Sets Approach perspective." En *Expert Systems with Applications*, 38(9), p. 11120-11128.
25. Piñeiro Sánchez, C. (2006). "Un estudio transversal sobre la contribución de las tecnologías de la información al éxito empresarial." En *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 15(2), p. 61-78.
26. Prasad, A. y J. Heales (2010). "On IT and business value in developing countries: A complementarities-based approach." En *International Journal of Accounting Information Systems*, 11(4), p. 314-335.
27. Racet Valdés, A., R. Espín Andrade y J. Marx Gómez (2009). "Compensatory Fuzzy Ontology". En: *ICT Innovations 2009*. Editorial Springer, Oldenburg, Germany, pp.35-44.
28. Roberto Giao, P., F. Mendes Borini y M. d. M. Oliveira Júnior (2010). "The influence of technology on the performance of Brazilian call centers." En *Journal of Information Systems and Technology Management*, 7(2), p. 335-352.
29. Simón Cuevas, A. J. y V. EstradaSentí (2008). "Herramienta para el perfeccionamiento del los sistemas de gestión de conocimiento basado en mapas conceptuales". Doctorado en Ciencias Técnicas, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría"
30. Stout, L. N. (2010). "A categorical semantics for fuzzy predicate logic." En *Fuzzy Sets and Systems*, 161(3), p. 412-432.
31. Tu, Q. y W. Wang (2003). "Redefining the Manufacturing Enterprise through Information Technology." En *Business Strategies for Information Technology Management*. Editorial , Idea Group Publishing, K. Kangas. United States of America, pp. 26-39.
32. Yao, L. J., C. Liu y S. H. Chan (2010). "The influence of firm specific context on realizing information technology business value in manufacturing industry." En *International Journal of Accounting Information Systems*, 11(4), p. 353-362.
33. Zadeh, L. A. (1965). "Fuzzy sets." En *Information and Control*, 8(3), p. 338-353.
34. Zadeh, L. A. (1983). "The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems." En *Fuzzy Sets and Systems*, 11(1-3), p. 197-198.