

DESARROLLO DE DIAGNÓSTICO ORGANIZACIONAL APLICANDO LAS LEYES GENERALES DE LOS SISTEMAS Y LÓGICA DIFUSA PARA EVALUAR SISTEMAS SUAVES

*DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL DIAGNOSTIC APPLYING
THE GENERAL LAWS OF THE SYSTEMS AND FUZZY LOGIC TO
EVALUATE SOFT SYSTEMS*

José Guadalupe Cervantes Álvarez

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
jose.gca@hotmail.com

Alicia Luna González

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
alicia.luna@itcelaya.edu.mx

Manuel Darío Hernández Ripalda

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
dario.hernandez@itcelaya.edu.mx

José Alfredo Jiménez García

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
alfredo.jimenez@itcelaya.edu.mx

Recepción: 9/mayo/2020

Aceptación: 19/noviembre/2020

Resumen

Los mercados globales se han vuelto más competitivos en comparación a tiempos anteriores. Las empresas deben centrarse en evaluar constantemente el desempeño de su sistema con el fin de asegurar el cumplimiento de sus objetivos organizacionales. Para problemas complejos, Peter Checkland desarrolló en 1981 la metodología de sistemas suaves. Esta metodología será utilizada para analizar estos sistemas considerados como no estructurados o sistemas suaves. En esta investigación se propone el uso de las leyes generales de los sistemas y lógica difusa como herramientas para el desarrollo de un diagnóstico. Con las leyes generales de los sistemas se establecerán los criterios a evaluar. Y, la lógica difusa servirá para generar una medición cuantitativa del sistema suave, ya que estos no

tienen una estructura ordenada y se tiende a evaluarlos de manera subjetiva. El objetivo es poder evaluar información no estructurada o borrosa y poder generar una respuesta matemática a la situación actual del sistema.

Palabras Clave: Leyes generales de los sistemas, Lógica difusa, Mediciones cualitativas, Sistemas suaves, Software Matlab®.

Abstract

Global markets have become more competitive compared to earlier times. Companies must focus on constantly evaluating the performance of their system in order to ensure the fulfillment of their organizational objectives. For complex problems, Peter Checkland developed the soft systems methodology in 1981. This methodology will be used to analyze these systems considered as unstructured or soft systems. This research proposes the use of the general laws of systems and fuzzy logic as tools for the development of a diagnosis. The criteria to be evaluated will be established with the general laws of the systems. And, fuzzy logic will serve to generate a quantitative measurement of the smooth system, since these do not have an ordered structure and they tend to be evaluated subjectively. The objective is to be able to evaluate unstructured or blurred information and to be able to generate a mathematical answer to the current situation of the system.

Keywords: *Fuzzy logic, General system laws, Matlab® Software, Qualitative measurements, Soft systems.*

1. Introducción

En la década del 2019, las empresas residen en un mercado mundial altamente competitivo. Uno de los criterios que asegura la competitividad de una empresa es su sistema eficiente [Benzaquen et al. 2010]. Para las empresas, los sistemas son el conjunto de elementos que se relacionan entre sí y a la vez funcionan como un todo [Somerville, 2015].

Esto se explica mejor a través de la teoría general de los sistemas, la cual, tiene como fin el estudiar los principios aplicables a estos en cualquier nivel. Así se conocen las dinámicas, restricciones y condiciones que puedan ser aplicadas a los

sistemas [von Bertalanffy, 1989]. Al respecto, las leyes generales son necesarias para asegurar su entendimiento y su definición [Somerville, 2015].

Para el caso de estudio se toma una clasificación de los sistemas conocida como los sistemas suaves. Se caracterizan por ser sistemas que son afectados mayormente por factores sociales, políticos o culturales. En consecuencia, dichos sistemas son cambiantes ante su entorno y carecen de un ordenamiento en específico [Valencia et al., 2018]. Aunado a esta situación, las relaciones causa-efecto dentro del sistema no tienen una linealidad. Por lo que no será efectivo aplicar métodos cuantitativos para medir el sistema. Esto hace que medir el sistema sea una tarea que se vea influenciada por la percepción y el criterio individual [Checkland et al., 1994].

El autor Peter Checkland desarrolló una metodología para analizar y resolver situaciones problema de los sistemas suaves. Esta metodología se desarrolló expresamente para enfrentarse con la situación en la cual la gente interpreta al mundo en sus propias formas y hace juicios de éste. Utilizando estándares y valores que quizá otros no compartan [Checkland et al., 1994]. Además, trabaja con las diferentes percepciones de una situación. Definiendo un proceso sistémico de aprendizaje, en el cual diferentes puntos de vista son discutidos y examinados con el objeto de definir acciones orientadas a su mejoramiento [Cardoso et al., 2013].

En dicha metodología, tomando el paso 2 “la situación problemática expresada” se requiere la recolección formal de información que permita esquematizar la situación problema [Wilson, 1993]. El diagnóstico organizacional es una herramienta que permite conocer una amplia cantidad de información de los elementos del sistema [García, 2009]. Por lo que se vuelve una herramienta ideal para aplicar en este paso. Por otra parte, las herramientas de planeación y medición tradicionales no ofrecen la flexibilidad necesaria para adaptarse al dinamismo del entorno actual. Dichas herramientas toman el planteamiento en términos absolutos e inalterables ignorando la gama de acciones que permiten analizar y responder ante los constantes cambios [Aita, 2016].

Para esto, existen formas de mejorar la precisión del diagnóstico y la evaluación del sistema, una de ellas es utilizando un modelo de lógica difusa. La lógica difusa es

un raciocinio alternativo a la lógica clásica que pretende calificar información que es considerada imprecisa, no estructurada o borrosa (difusa) [Restrepo et al., 2015]. La lógica difusa es capaz de utilizar dicha información y, en base a modelos matemáticos, generar una respuesta a una situación [Barragán, 2012].

En tal sentido, la medición cuantitativa de un sistema suave a partir de variables lingüísticas de entrada se vuelve posible [Pérez, 2007]. Ya que, la lógica difusa permite obtener evaluaciones mas precisas de los elementos del sistema, sin el criterio y la percepción humana. Dichas evaluaciones son generadas y clasificadas a través de conjuntos difusos de modelos matemáticos. Asignando un grado de pertenencia a cada elemento en las categorías a definir [Barragán, 2012].

En este artículo se propone el uso de las leyes generales de los sistemas y de la lógica difusa para el desarrollo de un diagnostico que permita evaluar la situación actual de un sistema suave en el área productiva. Con el fin de que las empresas tomen decisiones sustentadas para asegurar su competitividad global.

2. Métodos

En esta sección se plantea la metodología a seguir para el desarrollo de un diagnostico organizacional aplicando las leyes generales de los sistemas y lógica difusa para evaluar sistemas suaves. Para desarrollar la metodología se toma como referencia el artículo de Gómez, Cano, & Campo (2016) en el cual se implementa un modelo de lógica difusa para la evaluación y selección de proveedores en una mina de oro. Así mismo, se usa el libro de von Bertalanffy (1989) con el fin de usar las leyes generales de los sistemas. Con esto se genera una propuesta de metodología que se presenta en la figura 1.

La metodología propuesta en la figura 1 identifica los elementos que deben evaluarse en un sistema. Posteriormente, se establecen los criterios para evaluar a cada uno de los elementos y se asigna una ponderación correspondiente a su grado de impacto. Una vez hecho esto, el modelo de lógica difusa tomará los criterios elegidos en cada uno de los elementos y los convertirá a evaluaciones numéricas que ayudaran a generar conclusiones más precisas. De esta manera el evaluador

puede conocer el estado actual del sistema de forma exacta, sin permitir que la evaluación y conclusión estén influenciadas por algún criterio en particular.

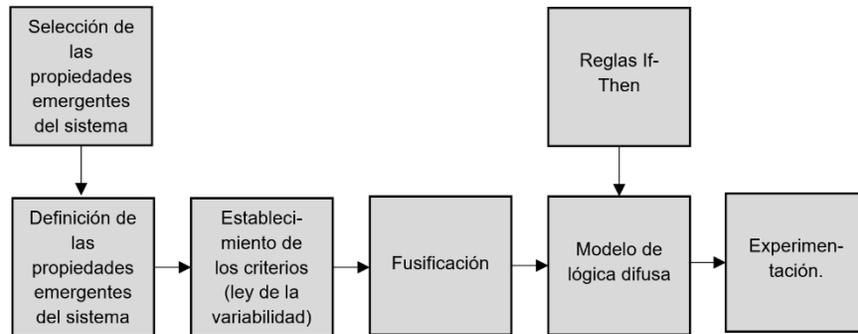


Figura 1 Metodología propuesta para el desarrollo de un diagnóstico organizacional.

Selección de las propiedades emergentes del sistema

Esta primera etapa inicia con la selección de los elementos del sistema que formarán parte del diagnóstico. La ley de las propiedades emergentes dice que el comportamiento del sistema es definido a partir del comportamiento de las partes [von Bertalanffy, 1989]. En tal sentido, para evaluar un sistema se deben evaluar los elementos que lo componen.

La selección de los elementos se realizará usando la norma ISO 9001:2015. Esta es una norma, vigente al 2019, de estandarización internacional que proporciona un método de trabajo para la mejora de la calidad de los productos y servicios. Los elementos para evaluar serán los criterios que dicha norma internacional tiene. En la tabla 1 se muestran los elementos elegidos para formar parte del diagnóstico. Aunada a esta selección, a los elementos se le deben agregar un valor ponderado de acuerdo con el peso o criticidad de cada elemento.

Tabla 1 Elementos principales a evaluar en el diagnóstico.

No.	Elementos
1	Liderazgo
2	Planificación
3	Soporte
4	Operaciones
5	Evaluación del desempeño
6	Mejora

Definición de las propiedades emergentes del sistema

En esta etapa se definirán los elementos determinados por las propiedades emergentes. Se deben establecer cuáles son las características que estos elementos deben de tener para precisar el comportamiento del sistema. De esta forma, se estandarizará el criterio de evaluación para cada elemento.

Establecimiento de los criterios (ley de la variabilidad)

La variedad en un sistema dependerá de todos los estados posibles que pueda tener [Bertoglio, 1993]. Siguiendo esta ley, un sistema va a variar a sus estados posibles. Por ello, en esta etapa se deben colocar los estados posibles de los elementos que fueron seleccionados. Como apoyo para este paso se usan las variables lingüísticas para enlistar dichos estados. Las variables lingüísticas permiten el acercamiento de la lógica difusa al lenguaje natural, facilitando la utilización lógica del lenguaje ordinario [Barragán, 2012]. De igual modo, se debe definir cuáles serán los elementos que serán considerados como variables de entrada y las decisiones del sistema consideradas como variables de salida. Esto será de utilidad para el desarrollo de un modelo de lógica difusa mas adelante.

Fusificación

Posteriormente, a cada elemento de entrada y decisión de salida se le asigna un conjunto difuso y una función de pertenencia. Esto permitirá cuantificar las evaluaciones que se generen en la aplicación del diagnóstico. Los conjuntos difusos estarán integrados por los criterios de evaluación y decisión de salida. Y a través de las funciones de pertinencia de cada criterio se determina el grado de pertenencia de un valor numérico asignado a dicho criterio de evaluación [Gómez et al, 2016].

Reglas If-Then

Para esta etapa, las reglas If-Then se crearán utilizando el método de ponderación de los elementos del sistema que se definen a evaluar. Con esto, se obtendrá como resultado un valor numérico que representa una variable lingüística de la decisión de salida.

Modelo de lógica difusa

Utilizando el software Matlab® se hace un modelamiento del sistema de lógica difusa con los elementos del sistema seleccionados como entradas, la decisión de salida, los conjuntos difusos, las funciones de pertenencia y las reglas If-Then.

Experimentación

El diagnóstico será dirigido al personal que este directamente relacionado a las actividades descritas en él. Para fines de una prueba piloto, se utilizará la información existente de una revisión del sistema de una empresa. Con estos datos el sistema deberá generar una decisión final acerca del estado del sistema.

3. Resultados

Como resultado de la aplicación de la metodología propuesta para el desarrollo del diagnóstico organizacional se generan los siguientes resultados:

Selección de las propiedades emergentes del sistema.

Bajo el esquema de las propiedades emergentes, se seleccionó que puntos se van a evaluar por cada uno de los elementos seleccionados. Esto con el fin de ser más específicos en la ejecución del diagnóstico. En la tabla 2 se plasman los puntos elegidos por cada elemento del diagnóstico. Así mismo, se le asignó un valor ponderado a cada punto de acuerdo con la criticidad descrita en la norma [Bolaños, 2016]. Las ponderaciones asignadas a los elementos en la tabla 2 van de acuerdo con el grado de afectación que puedan generar al cliente o a las partes interesadas. Los elementos con ponderación de 25% y 20% son considerados como críticos para la norma ISO 9001 debido a que el incumplimiento de estos lleva a cometer no conformidades directamente con el cliente final. Y los elementos con ponderaciones menores afectan al sistema en un menor grado.

Definición de las propiedades emergentes del sistema

En la definición de las propiedades emergentes se establecen qué características debe de tener cada elemento de segundo nivel. Estas características describen el

mejor estado posible del funcionamiento de cada elemento. Para establecerlas se usan las buenas practicas de la norma ISO 9001 en su versión 2015. Así, se tiene un criterio estandarizado para la evaluación de las propiedades emergentes en los siguientes pasos. En las tablas 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se muestran las definiciones dadas para cada elemento de segundo nivel.

Tabla 2 Propiedades emergentes del sistema.

No.	Elementos (Propiedades emergentes)		% Pond.
	1er Nivel	2do Nivel	
1	Liderazgo	Definición de los roles, responsabilidad y autoridad	5%
2		Conocimiento de la política de calidad por parte del personal	
3	Planificación	Generación de un programa de producción	10%
4		Plan de aprovisionamiento de las necesidades de la operación	
5		Planes para abordar el riesgo y las oportunidades	
6	Soporte	Disponibilidad de máquinas, herramental y equipos	20%
7		Capacitación del personal operativo	
8		Personal asignado a la estación de trabajo	
9		Capacitación del personal de soporte en línea	
10		Instrucciones de proceso generadas para las áreas de producción	
11		Instrucciones de medición/evaluación para las actividades de calidad	
12	Calibración/certificación de los instrumentos de medición	25%	
13	Uso de las instrucciones de proceso por parte del operador		
14	Uso de la infraestructura disponible en cada área de trabajo		
15	Uso de parámetros en el proceso productivo		
16	Cumplimiento en tiempos de ciclos		
17	Entregas a tiempo del producto final		
18	Uso correcto de los instrumentos de medición por los operadores		
19	Actividades de calidad de acuerdo a la instrucción de la actividad		
20	Capacidad de detectabilidad de los controles de calidad		
21	Uso de registros de calidad en las áreas de trabajo		
22	Conformidad del producto final de acuerdo a especificaciones	20%	
23	Indicadores de rechazos generados en producción		
24	Indicadores de cumplimiento con programa de producción		
25	Indicadores de scrap/desperdicio		
26	Indicador de PPMs (Partes por millón) / DPU (Defectos por unidad)		
27	Nivel de satisfacción del cliente (Encuesta de satisfacción postventa)		
28	Auditorias o recorridos de revisión	20%	
29	Medición y análisis del proceso		
30	Mejora continua al proceso		
31	Mejora	Seguimiento a las no conformidades del producto	20%

Tabla 3 Definición de las propiedades emergentes del sistema, liderazgo.

No.	Elementos (Propiedades emergentes)		Definición
	1er Nivel	2do Nivel	
1	Liderazgo	Definición de los roles, responsabilidad y autoridad	<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentra definido el nombre del empleado y el cargo que ocupa. • Se mencionan las responsabilidades por cargo ocupado. Están en orden de jerarquía. • Son públicos y todos tienen acceso a esa información.
2		Conocimiento de la política de calidad por parte del personal	El empleado conoce: <ul style="list-style-type: none"> • La política de calidad de la empresa. • En qué parte de la política contribuye su trabajo. • Cómo apoyar al cumplimiento de la política. El empleado porta físicamente la política

Tabla 4 Definición de las propiedades emergentes del sistema, planificación.

No.	Elementos (Propiedades emergentes)		Definición
	1er Nivel	2do Nivel	
3	Planificación	Generación de un programa de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Se genera de manera periódica. • Tiene la lista de los productos a producir. • Marca el orden de los productos. • Establece las fechas de inicio de procesamiento. • Establece las fechas de terminación del producto.
4		Plan de aprovisionamiento de las necesidades de la operación	<ul style="list-style-type: none"> • Se genera cada que se fabrica un producto diferente. • Evalúa las necesidades del área operativa. • Asegura que no existan necesidades antes de iniciar operaciones. • Se tiene un responsable fijo para esta revisión.
5		Planes para abordar el riesgo y las oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • El plan indica los pasos a seguir para abordar las oportunidades de la empresa. • Es un plan preventivo y no reactivo. • Las acciones descritas en el plan se han llevado a cabo previo al inicio de operación. • Las acciones descritas tienen a un responsable asignado. • Hay plazos establecidos para cada acción.

Tabla 5 Definición de las propiedades emergentes del sistema, soporte.

No.	Elementos (Propiedades emergentes)		Definición
	1er Nivel	2do Nivel	
6	Soporte	Disponibilidad de máquinas, herramental y equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Se encuentran disponibles en el área de trabajo. • Están al acceso del operador para su uso. • Son de fácil manejo/manipulación. • Se provee de acuerdo con las necesidades del proceso.
7		Capacitación del personal operativo	<ul style="list-style-type: none"> • Los operadores cuentan con entrenamientos para la operación. • Periódicamente reciben entrenamiento para actualización/repaso. • Se tienen evidencias de los registros de capacitación. • De no aprobar el curso se repite hasta poderlo pasar.
8		Personal asignado a la estación de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • El operador trabaja en la operación para la que fue entrenado. • El operador sabe describir la operación que está realizando. • Existe una matriz de capacitación y entrenamiento por cada área. • El operador trabaja de acuerdo con su nivel de entrenamiento.
9		Capacitación del personal de soporte en línea	<ul style="list-style-type: none"> • El personal cuenta con entrenamientos para brindar soporte a operaciones. • Periódicamente reciben entrenamiento para actualización/repaso. • Se tienen evidencias de los registros de capacitación. • De no aprobar el curso se repite hasta poderlo pasar.
10		Instrucciones de proceso generadas para las áreas de producción	<ul style="list-style-type: none"> • La instrucción de trabajo describe a detalle todos los pasos a realizar. • Cuentan con ayudas visuales para describir la operación. • Indican el herramental, maquina o equipos que se deben utilizar. • La instrucción está vigente y alineada al proceso.
11		Instrucciones de medición/evaluación para las actividades de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • La instrucción de trabajo describe a detalle todos los pasos a realizar. • Cuentan con ayudas visuales para describir la operación. • Indican el equipo de medición / calibrador. • La instrucción está vigente y alineada al proceso.
12		Calibración / certificación de los instrumentos de medición	<ul style="list-style-type: none"> • Están vigentes. • Están certificados/calibrados por algún laboratorio. • Están disponibles y al acceso para su uso en la estación de trabajo. • Los instrumentos de medición son los adecuados para medir el producto. • No cuentan con daños o desgastes.

Tabla 6 Definición de las propiedades emergentes del sistema, operaciones.

No.	Elementos (Propiedades emergentes)		Definición
	1er Nivel	2do Nivel	
13	Operaciones	Uso de las instrucciones de proceso por parte del operador	<ul style="list-style-type: none"> Las instrucciones de trabajo están disponibles y accesibles en la estación. El operador entiende como realizar los pasos indicados en la instrucción. El operador identifica los equipos, herramientas y maquinas requeridos. El operador usa la instrucción durante toda la operación.
14	Operaciones	Uso de los equipos, herramientas y maquinas disponibles en cada área de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> Están disponibles y accesibles en la estación de trabajo. El operador los usa cuando indica la instrucción de trabajo. Son fácilmente manipulables. Están diseñados aplicando principios de ergonomía. No cuentan con daños o desgastes.
15		Uso de parámetros en el proceso productivo	<ul style="list-style-type: none"> El operador tiene conocimientos para configurar la maquina o equipo de acuerdo con los parámetros. Los parámetros están indicados en las instrucciones de trabajo. Los ajustes de parámetros se realizan cada que se requiera.
16		Cumplimiento en tiempos de ciclos	<ul style="list-style-type: none"> Los tiempos de ciclos están programados en el plan de producción. Los operadores saben interpretar los tiempos de ciclos. Los operadores saben el tiempo de ciclo de la operación que están realizando. No existen retrasos durante el proceso.
17		Entregas a tiempo del producto final	<ul style="list-style-type: none"> Los tiempos de entrega para cada producto están especificados en el plan de producción. Los productos son fabricados en el orden que marca el plan de producción. El operador sabe identificar el tiempo de entrega del plan de producción. El producto concluye en el tiempo establecido
18		Uso correcto de los instrumentos de medición por los operadores	<ul style="list-style-type: none"> Se tiene identificado quien es el responsable de usar los instrumentos de medición. Están disponibles y accesibles en el área. El personal usa únicamente instrumentos de medición calibrados/certificados. Usan las instrucciones de trabajo para llevar a cabo las mediciones.
19		Actividades de calidad de acuerdo con la instrucción de la actividad	<ul style="list-style-type: none"> El personal de calidad tiene acceso a sus instrucciones de trabajo. Saben leer e interpretar las instrucciones. Identificación. Siguen la instrucción durante la realización de la actividad de calidad.
20		Capacidad de detectabilidad de los controles de calidad	<ul style="list-style-type: none"> Los problemas de calidad son detectados durante el proceso. El producto defectuoso no pasa a las estaciones siguientes. La revisión de los controles de calidad es hecha por personal capacitado. Existe al menos un control de calidad antes de mover un producto a otra estación.
21		Uso de registros de calidad en las áreas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> Las actividades de calidad son documentadas en un registro. Se guardan copias de los registros. Los registros de calidad son llenados completamente y de manera correcta. Se genera un registro de calidad por operación realizada.
22		Conformidad del producto final de acuerdo con especificaciones	<ul style="list-style-type: none"> El producto final no tiene defectos de calidad. Está de acuerdo con especificaciones del producto. Está de acuerdo con los requerimientos críticos del cliente. No hay rechazos de calidad al finalizar el proceso operativo.

Tabla 7 Definición de las propiedades emergentes del sistema, evaluación.

No.	Elementos (Propiedades emergentes)		Definición
	1er Nivel	2do Nivel	
23	Evaluación del desempeño	Indicadores de rechazos generados en producción	<ul style="list-style-type: none"> • Esta dentro de objetivo. • Mantiene un histórico de al menos de 4 meses de estar dentro de objetivo. • Es compartido para conocimiento general. • Los criterios para su medición están estandarizados por un documento. • Se toman acciones correctivas cuando no está dentro de objetivo
24		Indicadores de cumplimiento con programa de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Esta dentro de objetivo. • Mantiene un histórico de al menos de 4 meses de estar dentro de objetivo. • Es compartido para conocimiento general. • Los criterios para su medición están estandarizados por un documento. • Se toman acciones correctivas cuando no está dentro de objetivo.
25		Indicadores scrap / desperdicio	<ul style="list-style-type: none"> • Esta dentro de objetivo. • Mantiene un histórico de al menos de 4 meses de estar dentro de objetivo. • Es compartido para conocimiento general. • Los criterios para su medición están estandarizados por un documento. • Se toman acciones correctivas cuando no está dentro de objetivo.
26		Indicador de PPMs (Partes por millón) / DPU (Defectos por unidad)	<ul style="list-style-type: none"> • Esta dentro de objetivo. • Mantiene un histórico de al menos de 4 meses de estar dentro de objetivo. • Es compartido para conocimiento general. • Los criterios para su medición están estandarizados por un documento. • Se toman acciones correctivas cuando no está dentro de objetivo.
27		Nivel de satisfacción del cliente (Encuesta de satisfacción postventa)	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiene un formato estándar de encuesta. • Se aplican encuestas de satisfacción a todos los clientes al menos una vez. • Mantiene un histórico de al menos de 4 meses de estar dentro de objetivo. • Se recaban los datos y se mide el nivel de satisfacción obtenido. • Se toman acciones correctivas cuando los resultados sugieren una mejoría.
28		Auditorias o recorridos de revisión	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizan de manera periódica y en el tiempo establecido por la organización. • Se tiene un procedimiento o estándar para el desarrollo de la actividad. • Evalúan de manera detalla la situación actual del área que se revisa. • Se toman acciones correctivas cuando se encuentra una no conformidad.

Tabla 8 Definición de las propiedades emergentes del sistema, evaluación.

No.	Elementos (Propiedades emergentes)		Definición
	1er Nivel	2do Nivel	
29	Mejora	Mejora continua al proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Se realiza periódicamente y no como reacción ante un problema. • Existe un procedimiento o estándar que guíe en el proceso. • Se establecen responsables y fechas de conclusión. • Está orientada al proceso, no al producto.
30		Seguimiento a las no conformidades del proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Están orientadas a la corrección del proceso. • Se determina la causa raíz del problema. • Se definen acciones para solucionar el problema. • Se asignan responsables y fecha de terminación a cada acción. • Las acciones son monitoreadas.
31		Seguimiento a las no conformidades del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Están orientadas a la corrección del proceso. • Se determina la causa raíz del problema. • Se definen acciones para solucionar el problema. • Se asignan responsables y fecha de terminación a cada acción. • Las acciones son monitoreadas.

Establecimiento de los criterios (ley de la variabilidad)

En el desarrollo de este paso se usó las variables lingüísticas para etiquetar los estados más probables entre los que puede variar cada elemento. En primer lugar, se tienen los estados más probables para los elementos de segundo nivel, mostrados en la tabla 9. El promedio de la evaluación de estos elementos servirá para calificar los elementos de primer nivel. Y así, poder catalogarlos en sus respectivos estados más probables, como se presenta en la tabla 10. Los elementos de primer nivel serán los elementos de entrada.

Tabla 9 Estados más probables de los elementos de segundo nivel.

Criterios de evaluación
Valor 10. Cumple con todas las definiciones.
Valor 7. Falla con un punto de las definiciones.
Valor 3. Falla con dos o más puntos de las definiciones.
Valor 0. No se cumple con ninguna definición.

Tabla 10 Elementos de entrada para el diagnóstico del sistema.

Criterios de evaluación
Conforme
Con observaciones
No conformidad

En la tabla 11 se definen el elemento de salida que estarán representados por las decisiones acerca del estado actual del sistema. Dicho elemento será la variable de salida del modelo de lógica difusa. Posteriormente, se definen los elementos de primer nivel como variables de entrada para el modelo de lógica difusa. El valor de la variable se obtiene por la ponderación de los valores de sus elementos de segundo nivel.

Tabla 11 Elemento de salida para el diagnóstico del sistema.

Elemento de salida (Propiedades emergentes)	Definición	Criterios de evaluación (Ley de la variabilidad)
Estado actual del sistema	Este elemento establece el nivel actual que el sistema tiene en competitividad. Se determina con el uso de los elementos de entrada.	Competente
		Con áreas de oportunidad
		Con no conformidades
		Con no conformidades mayores

Fusificación

Las funciones de pertenencia de las variables de entrada y salida definidas para el modelo de lógica difusa se modelan como funciones trapezoidales, debido a que estas funciones establecen rangos de pertenencia absoluta y rangos de pertenencia relativa, adoptando un componente de incertidumbre más complejo que el de los números triangulares [Gómez et al., 2016].

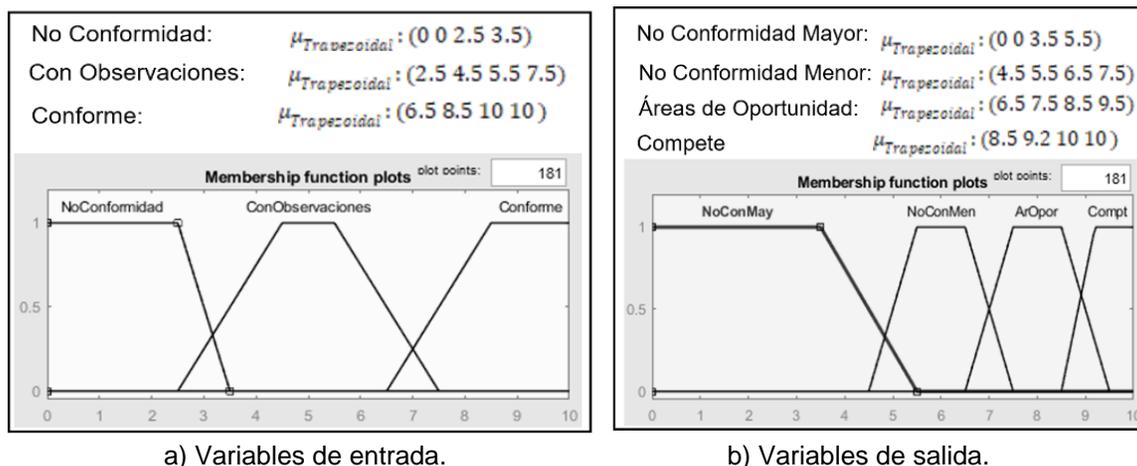
El criterio de evaluación de cada elemento se mide a través de sus variables lingüísticas. Para representarlas se usan escalas numéricas del 0 al 10 que evalúan los elementos de entrada y los elementos de salida. Se aclara que la evaluación numérica de 0 representa la menor evaluación posible. La evaluación numérica de 10 representa la mejor evaluación posible que el elemento pueda obtener, como se aprecia en las tablas 10 y 11. En la figura 2 se observan los conjuntos difusos y funciones para las variables de entrada y para las de salida.

Reglas If-Then

Se planteó la ecuación 1 del estado actual del sistema (EAS) del para el método de ponderación de los elementos en la elaboración de las reglas If-Then del modelo de lógica difusa [Gómez et al., 2016].

$$EAS = 0.05LID_i + 0.10PLAN_i + 0.20SOP_i + 0.25OPS_i + 0.20DESM_i + 0.20MEJ_i \quad (1)$$

Entonces, se asignan valores a las variables lingüísticas como se resume en la tabla 12. Esta ponderación se puede observar desde la tabla 2.



a) Variables de entrada. b) Variables de salida.
 Figura 2 Conjuntos difusos y funciones para las variables de entrada.

Tabla 12 Variables de entrada para la creación de las reglas If-Then.

Elemento de entrada (Propiedades emergentes)	Criterios de evaluación (Ley de la variabilidad)	Valor para variable de entrada	% del valor ponderado
Liderazgo	Conforme (CF) Con observaciones (OB) No conformidad (NC)	LID3 = 10 LID2 = 7 LID1 = 3	0.05*LID _i
Planificación	Conforme (CF) Con observaciones (OB) No conformidad (NC)	PLAN3 = 10 PLAN2 = 7 PLAN1 = 3	0.10*PLAN _i
Soporte	Conforme (CF) Con observaciones (OB) No conformidad (NC)	SOP3 = 10 SOP2 = 7 SOP1 = 3	0.20*SOP _i
Operaciones	Conforme (CF) Con observaciones (OB) No conformidad (NC)	OPS3 = 10 OPS2 = 7 OPS1 = 3	0.25*OPS _i
Evaluación del desempeño	Conforme (CF) Con observaciones (OB) No conformidad (NC)	DESM3 = 10 DESM2 = 7 DESM1 = 3	0.20*DESM _i
Mejora	Conforme (CF) Con observaciones (OB) No conformidad (NC)	MEJ3 = 10 MEJ2 = 7 MEJ1 = 3	0.20*MEJ _i

Con el método de la ecuación 1, se obtienen valores numéricos para la variable de salida, los cuales están en el rango de 1 y 10. La tabla 13 representa los valores del estado actual del sistema (EAS) obtenidos del método de ponderación de criterios y

su equivalencia en variables lingüísticas. Con esto se indica la variable de salida correspondiente para el sistema.

Tabla 13 Variables de salida para la creación de las reglas If-Then.

Elemento de salida (Propiedades emergentes)	Criterios de evaluación (Ley de la variabilidad)	Valor para variable de salida
Estado actual del sistema	Competente (CP)	10 - 9
	Con áreas de oportunidad (AOP)	9 - 7
	Con no conformidades menores (NCN)	7 - 5
	Con no conformidades mayores (NCY)	5 - 0

Con los resultados obtenidos en el método de ponderación se diseñaron las reglas If-Then. Por cuestiones de capacidad no fue posible colocar las 729 reglas. En estas reglas conectan las variables de entrada con operadores tipo AND. Ya que se evalúan todas las variables de entrada para tomar una decisión de salida.

Modelo de lógica difusa

Aquí, las variables de entrada y salida, los conjuntos difusos, las funciones de pertenencia, las reglas If-Then fueron incluidos en el modelamiento computacional en el apartado de lógica difusa del programa Matlab. El software tiene la capacidad de procesar la información que alimentan las variables de entrada. Para posteriormente emitir un juicio o decisión del sistema. Con esto es posible analizar el sistema suave de forma cuantitativa.

Experimentación

Con el fin de experimentar con el modelo de lógica difusa se utilizarán los resultados de una revisión del sistema al área de trabajo "Momentary Switch". En una empresa del ramo automotriz ubicada en Reynosa, Tamaulipas cuyo nombre permanecerá anónimo para cuidar la confidencialidad de la información. Los resultados son mostrados en la tabla 14. A primera vista, se observa que dichos valores presentan una gran variación entre ellos. Dos elementos de entrada presentan una no conformidad y el resto está conforme. Esto puede desencadenar que cada persona empiece a interpretar los datos de diferente manera usando

juicios personales. Así mismo, al observar los valores se podrían sugerir que dichos valores pertenecen a alguna categoría en específico provocando que la decisión de salida este sesgada.

Tabla 14 Variables numéricas de entrada de la evaluación al área Momentary Switch.

Elemento de entrada	Estado actual del elemento	Valor para variable de entrada
Liderazgo	Conforme (CF)	LID = 10
Planificación	Conforme (CF)	PLAN = 10
Soporte	No conforme (NC)	SOP = 3
Operaciones	No conforme (NC)	OPS = 3
Evaluación del desempeño	Conforme (CF)	DESM = 10
Mejora	Conforme (CF)	MEJ = 10

Se tomaron los valores numéricos de los elementos de primer nivel como las variables de entrada para el modelo de lógica difusa programado en el software Matlab. Estas fueron procesadas por el modelo para asignarles el grado de pertenencia a cada criterio de evaluación.

Posteriormente, el modelo procesó la información de entrada con el fin de generar una respuesta para la variable numérica de salida. Para esto relaciona las funciones de pertenencia de cada variable, alimenta las reglas If-Then y realiza el proceso de agregación, se obtiene un conjunto difuso de salida, el cual se convierte en un número concreto con el método del centro de gravedad [Gómez et al., 2016]. De esta forma, se obtiene la variable de salida Estado actual del sistema con una calificación entre 0 y 10, con valores equivalentes a las variables lingüísticas, tal como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15 Variable numérica de salida generada por el modelo de lógica difusa.

Elemento de salida	Estado actual del elemento	Valor para variable de salida
Estado actual del sistema	Con no conformidades menores (NCN)	6.68

A partir del resultado obtenido de la variable de salida se detecta que el área de trabajo "Momentary Switch" cuenta con no conformidades menores que de atenderse a la brevedad posible pueden reducirlas a solo observaciones. Por otro

lado, si las áreas de oportunidad no son atendidas puntualmente el sistema puede generar no conformidades mayores. Esto representa un alto riesgo para la empresa ya que en esa área se podrían generar problemas de calidad que afecten directamente al cliente.

4. Discusión

El uso de la lógica difusa está presente en distintas áreas de estudio con el objetivo del análisis de información para la toma de decisiones. Pero no se ha visto el uso de la lógica difusa en conjunto de las leyes generales de los sistemas como una herramienta de análisis y diagnóstico para los sistemas suaves. Aunado a esto, los resultados obtenidos con la revisión del área “Momentary Switch” son prometedores. Ya que el modelo de lógica difusa fue capaz de clasificar y analizar la información para generar una evaluación del sistema como respuesta de salida. Al mismo tiempo que todo el proceso se llevó a cabo sin la afectación de criterios y juicios individuales.

Cabe resaltar que la experimentación se hizo con datos de una revisión hecha a un área operativa llamada “Momentary Switch”. Se debe aplicar la metodología para el desarrollo del diagnóstico organización a sistemas de manufactura para validar los resultados expuestos en este artículo en un caso aplicado. El artículo está limitado para el diagnóstico de sistemas de manufactura que trabajen bajo el esquema de la norma ISO 9001. Ya que el diagnóstico fue diseñado tomando como base los puntos de esta norma internacional. De replicarse a otros sistemas se deberán de elegir nuevos elementos de entrada para el diagnóstico.

5. Conclusiones

En apoyo a la metodología ya mencionada, se demuestra la utilidad y factibilidad del uso de herramientas de inteligencia artificial en el sector empresarial. Para este artículo, se probó que la lógica difusa es útil para medir y evaluar problemas cualitativos ya que fácilmente cuantifican la información a estudiar. Y así, se toman conclusiones libres de cualquier influencia social, cultural y política. Pero, la medición con lógica difusa debe de hacerse a través de criterios establecidos. Las

herramientas industriales sirven como base para tomar los criterios necesarios durante la programación de la interfaz difusa. Su uso en conjunto hace posible la medición de procesos complejos en los que no se tengan modelos matemáticos precisos. Además, se debe buscar el uso de métodos de evaluación flexibles. Es por esto porque este método de diagnóstico ofrece una flexibilidad en los criterios de acuerdo con las necesidades cambiantes del entorno.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Aita, R. (2016). Aplicaciones de lógica difusa para planear en tiempos de incertidumbre. *Ingeniería Industrial*, Vol. 34, 121-135.
- [2] Barragán, A. (2012). Síntesis de sistemas de control borroso estables por diseño. España: Universidad de Huelva.
- [3] Benzaquen, J., del Carpio, L., Zagarra, L., & Valdivia, C. (2010). Un Índice Regional de competitividad para un país. *Revista Cepal*, Vol. 102, 69-86.
- [4] Bertoglio, O. (1993). Introducción a la teoría general de sistemas. México: Limusa, SA de C V.
- [5] Bolaños, L. (2016). La gestión de la calidad en Perú: un estudio de la norma ISO 9001, sus beneficios y los principales cambios en la versión 2015. *Revista Universidad y Empresa*, Vol. 18 (30), 33-54.
- [6] Cardoso, E., Cerecedo, M., & Ramos, J. (2013). Evaluación institucional basada en los sistemas suaves. Estados Unidos de América: Palabrio.
- [7] Checkland, P., & Scholes, J. (1994). La metodología de los sistemas suaves en acción. México: Editorial Limusa, SA de C V.
- [8] García, M. (2009). Clima organizacional y su diagnóstico: Una aproximación conceptual. *Cuadernos de Administración*, Vol. 42, 43-61.
- [9] Gómez, R., Cano, J., & Campo, E. (2016). Selección de proveedores en la minería de oro con lógica difusa. *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 21 (51), 530-548.
- [10] Restrepo, J., & Vanegas, J. (2015). Internacionalización de las pymes: análisis de recursos y capacidades internas mediante lógica difusa. *Contaduría y Administración*, Vol 60, 836-863.

- [11] Pérez, I., & León, B. (2007). *Lógica difusa para prencipiantes*. Venezuela: Editorial Texto.
- [12] Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del software*. España: Pearson Educación.
- [13] Valencia, J., & Villamizar, A. (2018). Modelado y simulación de sistemas suaves por tramos utilizando esquemas basados en eventos. *Cuaderno Activa*, Vol 10(10), 131-139.
- [14] Von Bertalanffy, L. (1989). *Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollos y aplicaciones*. México: Fondo de la Cultura Económica.
- [15] Wilson, B. (1993). *Sistemas: Conceptos, metodologías y aplicaciones*. México: Limusa.