

Modelado de elicitación de requerimientos por medio de técnicas formales y de inteligencia artificial para proyectos de software en el Centro Cedrum del SENA

Julanny Helena Jiménez Jaimes

Universidad de Pamplona
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos
Norte de Santander, Pamplona
2020

Modelado de elicitación de requerimientos por medio de técnicas formales y de inteligencia artificial para proyectos de software en el Centro Cedrum del SENA

Julanny Helena Jiménez Jaimes

Directora: Sandra Maigualida Aranguren Zambrano
Magister en Ingeniería de Control y Automatización

Universidad de Pamplona
Facultad de Ingenierías y Arquitectura
Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos
Norte de Santander, Pamplona

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Ciudad _____ Fecha _____

Dedicatoria

A DIOS, quien es guía de mis pasos, por fortalecer día a día mi existencia y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres, JAIRO y MARLENE, por motivarme a lograr el éxito, por los valores que me han inculcado y sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mi compañero de aventuras HEIKKI, en el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que con su apoyo alcanzas de mejor manera tus metas, a través de sus consejos, de su amor, e impaciencia me ayudó a concluir esta meta.

A mi hijo MAXIMILIAN, que es el motor de mi vida y por quien alcanzaría la luna para poder darte el mejor ejemplo a seguir.

A toda mi FAMILIA, porque ha conservado ese vínculo fraternal que nos mantiene unidos.

Agradecimientos

A la Universidad, por brindar la oportunidad de formarme a través del programa Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos.

A mi Directora de Proyecto Sandra Aranguren Zambrano, por su colaboración y guía en este proceso investigativo.

A los docentes de la maestría que en cada seminario me orientaron y brindaron su conocimiento para fortalecer mi aprendizaje y este trabajo.

A mis compañeros de seminarios que entre risas hacían más amenas las madrugadas y los viajes de fines de semana.

Tabla de Contenido

	pp.
Lista de Figuras	viii
Liara de Tablas	ix
Resumen	x
Abstract	xi
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Pregunta de investigación	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 Justificación	6
1.5 Alcance	7
1.6 Metodología empleada	8
CAPÍTULO 2 ESTADO DEL ARTE	9
2.1 Antecedentes de la investigación	9
2.1.1 Antecedentes internacionales	9
2.1.2 Antecedentes nacionales.	11
2.2 Marco Teórico	14
2.2.1 Requerimiento de software.....	14
2.2.2 Ingeniería de requerimientos	15
2.2.3 Elicitación de requerimientos.....	19
2.2.3.1 Fuente de los requerimientos.....	20
2.2.3.2 Técnicas para la recolección de datos	22
2.2.3.3 Técnicas de inteligencia artificial.....	33
2.2.4 Conjuntos difusos	35
2.2.4.1 Funciones de los conjuntos difusos	36
2.2.4.2 Variable lingüística.....	37
2.2.4.3 Operaciones difusas.....	37
2.2.4.4 Fusificación (Fuzzyfication).....	38
2.2.4.5 Desfusificación (Defuzzyfication).....	38
2.2.4.6 Inferencia difusa	39
CAPÍTULO 3 MODELO DE ELICITACIÓN DE REQUERIMIETO.	41
3.1 Modelo	41
3.1.1 Recursos o fuentes de requerimientos	43
3.1.2 Actividades de elicitación de requerimientos.....	44
CAPÍTULO 4 VALIDACIÓN CASO DE ESTUDIO.	50
4.1 Recursos o fuentes de requerimientos	50

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
Conclusiones	58
Recomendaciones.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
ANEXOS.....	65
ANEXO A. MODELO ENTREVISTA	66
ANEXO B. REQUERIMIENTOS	69
ANEXO C. SISTEMA DIFUSO CONFIRMAR REQUERIMIENTOS.....	74

Lista de Figuras

	pp.
Figura 1. Diseño metodológico de la investigación	8
Figura 2. Proceso de la ingeniería de requerimientos.	17
Figura 3. Primeras áreas de conocimiento de ingeniería del software	18
Figura 4. Diagrama entrada salida elicitación	19
Figura 5. Diagramas de las funciones de pertenencia más habituales	36
Figura 6. Método de inferencia difusa.	39
Figura 7. Estructura básica de un sistema Mamdani	40
Figura 8. Modelo de Elicitación de requerimientos por medio de técnicas formales y de inteligencia artificial.....	42
Figura 9. Estructura del sistema difuso confirmación de requerimientos	46
Figura 10. Función de pertenencia	48
Figura 11. Función de salida	49
Figura 12. Sistema difuso en Matlab.....	54
Figura 13. Vista de las variables de entrada.....	54
Figura 14. Vista de la salida	55
Figura 15. Valores de entrada y salida.	56

Lista de Tablas

	pp.
Tabla 1. Resumen de elicitación de requerimientos, según BABOK	20
Tabla 2. Técnicas de elicitación.	28
Tabla 3. Descripción de técnicas de elicitación	31
Tabla 4. Relación de términos entre el SWEBOK y el BABOK	42
Tabla 5. Factores influyentes en el proceso de elicitación de requerimientos	45
Tabla 6. Cronograma de actividades.	51
Tabla 7. Requerimiento RF-4 modificar la información del cliente	52
Tabla 8. Resultados de la encuesta stakeholders	53
Tabla 9. Reglas del sistema difuso	56
Tabla 10. Requerimientos aprobados/no aprobados en el sistema difuso.....	57

RESUMEN

El propósito de la investigación fue modelar la elicitación de requerimientos por medio de técnicas formales y de inteligencia artificial para proyectos de software del Centro CEDRUM del SENA, el modelo tuvo como iniciativa la elicitación de requerimientos, por cuanto es una de las fases más importantes y con mayor índice de fallas que llevan al fracaso en todo el ciclo de vida del desarrollo de software. Esta fase contiene actividades que involucran principalmente al ser humano para el entendimiento de las necesidades de los interesados, siendo de gran importancia el uso de técnicas de inteligencia artificial como herramientas que aprovechan este proceso para reducir los riesgos de fracaso. Se diseñó un modelo tomando como base la guía del análisis de negocio BABOK, donde las actividades de elicitación de requerimientos establecidas están respaldadas por un sistema difuso para la identificación de los requerimientos ambiguos presentados por los Stakeholders. Este modelo se valida con un caso de estudio que se realizó con los aprendices del centro CEDRUM del SENA en un proyecto de desarrollo de software para el sector minero. Finalmente, se obtiene como resultado la definición de los requerimientos del proyecto de software definitivos, puesto que la implementación del modelo permite reducir la incertidumbre de los términos vagos o difusos presentados por los Stakeholders. Asimismo, se propone la inclusión del modelo en las otras fases de la ingeniería de requerimientos, así como el diseño de una evaluación que permita analizar el comportamiento de la implementación del modelo en diferentes proyectos de software.

Palabras claves: Ingeniería de requerimientos, elicitación de requerimientos, inteligencia artificial, lógica difusa

ABSTRACT

The purpose of the research was to model the elicitation of requirements through formal techniques and artificial intelligence for software projects of the SENA CEDRUM Center, the model had as an initiative the elicitation of requirements, as it is one of the most important phases and with a higher failure rate that lead to failure throughout the software development life cycle. This phase contains activities that mainly involve the human being to understand the needs of the interested parties, being of great importance the use of artificial intelligence techniques as tools that leverage this process reducing the risks of failure. A model was designed based on the BABOK business analysis guide, where the established requirements elicitation activities are supported by a fuzzy system for the identification of the ambiguous requirements presented by the Stakeholders. This model is validated with a case study that was carried out with the apprentices of the SENA CEDRUM center in a software development project for the mining sector. Finally, the definition of the definitive software project requirements is obtained as a result, since the implementation of the model allows reducing the uncertainty of the vague or fuzzy terms presented by the Stakeholders. Also, the inclusion of the model in the other phases of requirements engineering is proposed, as well as the design of an evaluation that allows analyzing the behavior of the implementation of the model in different software projects.

Keywords: Requirements engineering, requirements elicitation, artificial intelligence, fuzzy logic

1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La importancia de desarrollar proyectos de software es implementar soluciones que satisfagan las necesidades del usuario, el PMBOK (2017), define un proyecto “como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”, por lo que se convierte en un reto para las empresas desarrolladoras de software ya que debe entregar un producto a tiempo, que no involucre un presupuesto elevado y que satisfaga las expectativas del usuario, utilizando metodologías y herramientas que guíen el proceso de desarrollo de software.

La IEEE define la ingeniería de requerimientos como la ciencia y la disciplina que se ocupa de establecer y documentar los requisitos del software. En esta investigación se habla específicamente de la elicitación de requerimientos que es una de las fases más importantes de la ingeniería de requerimientos la cual tiene un alto impacto en el diseño y las fases posteriores del ciclo de vida de un proyecto de software, por lo tanto, si se le da la importancia adecuada, se obtendrán requerimientos sin ambigüedad, lo que llevaría a reducir los errores en las otras fases del ciclo de vida del proyecto de software. Nuseibe and Easterbrook (2000) ha mostrado el impacto positivo de la utilización de técnicas de ingeniería de requerimientos adecuadas para mejorar la calidad del software.

De acuerdo a lo señalado anteriormente respecto a la fase de elicitación SWEBOK (2014), sostiene que las actividades de elicitación hacen parte de la fase inicial del ciclo de vida del desarrollo de un producto software, al igual que el análisis, especificación y validación; actividades que son determinantes en el éxito del proyecto.

Es primordial que se tenga una buena elicitación de requerimientos, por cuanto se enfoca en un área fundamental de los proyectos de software, es la definición de lo que desea producir, es en esta fase donde se generan las especificaciones correctas, descritas con claridad, sin ambigüedades, en forma consistente y compacta las necesidades de los usuarios o clientes. De esta modo, se pretende reducir los problemas generados por la falta de una debida gestión de los

requerimientos en el desarrollo de sistemas, haciendo un adecuado uso de las técnicas formales de elicitación y apoyando este proceso con otras técnicas como las de inteligencia artificial.

Por esta razón el siguiente trabajo de investigación propone el estudio de las diferentes técnicas de recolección de información y técnicas de inteligencia artificial para así tomar lo mejor de estas áreas a objeto de diseñar un modelado para elicitación de requerimientos por medio de estándares, técnicas formales y de inteligencia artificial para los proyectos de software que se desarrollan en el centro CEDRUM del SENA.

A continuación, se presenta la estructura del estudio desarrollada de la siguiente manera:

Capítulo 1. Introducción. Contiene la descripción del problema, indicando las dificultades en la elicitación de requerimientos y los problemas causados por requerimientos, y asimismo se formula la pregunta de investigación del proyecto, los objetivos tanto el general como los objetivos específicos, la justificación, el alcance y la metodología empleada.

Capítulo 2. Estado del arte. Describe en forma general los requerimientos de software, la ingeniería de requerimientos, principales procesos de la ingeniería de requerimientos y se enfoca en la elicitación de requerimientos, luego se estudia los enfoques de los principales estándares y modelos en el desarrollo de la ingeniería y de procesos de software. También se describen las técnicas formales y de la inteligencia artificial para la elicitación.

Capítulo 3. Modelo de Elicitación de Requerimiento. Contiene la propuesta a realizar y la solución basada en el diseño de la propuesta que consiste en un modelo para la elicitación de requerimientos de software con el uso de técnicas formales y de inteligencia artificial en el desarrollo de software.

Capítulo 4. Validación Caso de estudio. Aborda la aplicación del modelo propuesto.

Seguidamente se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación. En cuanto a la valoración sobre la investigación documental, valoración del problema, valoración de

la solución, valoración del caso de estudio, respuesta de los interrogantes de investigación. Al final, se incorporan las referencias consultadas durante el desarrollo de la investigación, y los respectivos anexos que sirven de apoyo al desarrollo del proyecto.

1.1. Descripción del problema

Actualmente en el mundo se están dando cambios tecnológicos de una manera arrolladora que obliga tanto a los usuarios de los sistemas de información como a los entes u organizaciones que lo prestan a mejorar y actualizar constantemente su plataforma tecnológica. Gracias a los avances de la informática, se encuentran productos software en casi todos los campos de la actividad humana y empresarial; la industria, el comercio, las finanzas, la educación, la salud, el agro, la minería, entre otras.

El éxito de la fase de desarrollo del software está sujeto en una buena identificación de requerimientos suministrados por los stakeholders, el cual permite entre otras actividades llevar un mejor control del producto final esperado. La importancia de un desarrollo de software radica en la eficacia del programa, es decir, que sea útil a la empresa y cumpla la función para lo que fue diseñado.

Bien se sabe que la ingeniería de requerimientos es importante en los proyectos de desarrollo de software, puesto que los requerimientos marcan las características de producto software final. Cualquier error en la identificación de los requerimientos podría requerir modificaciones posteriores a esta etapa, las cuales incrementan exponencialmente los costos del producto a desarrollar (Bohem, 1984).

Sin embargo, cuando se desarrolla proyectos de software, una de las fases importantes es el análisis de requerimientos. Es frecuente escuchar entre los desarrolladores de software, que la mayoría de los proyectos fracasan porque no se tiene una adecuada elicitación, definición, especificación y administración de requerimientos, por consiguiente, esto lleva a resolver el problema de una manera incorrecta.

De allí que uno de los problemas que han observado con más frecuencia está en la especificación de requerimientos; el estándar CMMI Capability Maturity Model Integration Development (Versión 1.3) divide los requerimientos del software en: Desarrollo de Requerimientos, donde se incluye la elicitación, la definición, el análisis, la especificación y validación; y la Gestión de Requerimientos, que implica la gestión de requerimientos que se han desarrollado, incluido el control de cambios y la verificación. Por cuanto se ha identificado que en esta actividad se producen la mayoría de los errores en los proyectos de software; Chirstel & Kang (1992) identifican una serie de problemas que se producen como: problemas de alcance, cuando existe una mala definición de los límites del producto software. Problemas de comprensión los clientes o usuarios finales no son claros o seguros de lo que necesitan y, por último, problemas de volatilidad cuando los requerimientos cambian con el tiempo.

Por otra parte, en estadísticas mundiales de medición de los proyectos de ingeniería, durante el 2013, las cifras indican que solo el 22% de estos proyectos cumplen todas las expectativas de los interesados (stakeholders), a partir de esta premisa investigaciones como “Método para la formación de Stakeholders en proyectos de ingeniería usando la metodología PMI y técnicas de inteligencia artificial” de Vahos y Pastor, Jiménez (2013), atribuyen al fracaso de los proyectos, a la poca educación que tienen los stakeholders en la ejecución de estos, puesto que no son capaces de interactuar de una manera ordenada sus ideas o necesidades, son indecisos en lo que quieren. En este sentido, comúnmente se oye hablar entre diferentes expertos en desarrollo de software, que muchos proyectos de este tipo salen mal porque no se realiza una apropiada definición, especificación, y administración de los requerimientos, posiblemente por la falta de colaboración del cliente, requisitos inconclusos y el mal manejo de las técnicas de captura de requisitos.

De la problemática antes planteada, no escapa la realidad observada en el Centro de Formación para el Desarrollo Rural y Minero de la Regional Norte de Santander (CEDRUM) del SENA, el cual tiene como misión contribuir al mejoramiento de la productividad y competitividad del sector primario y extractivo del departamento a través de la formación profesional, el emprendimiento, la innovación y el desarrollo tecnológico, de ciudadanos comprometidos con su entorno y el desarrollo social, político y económico de sus municipios.

En el centro se imparte formación en el área de análisis y desarrollo de sistemas de información donde se trabaja la estrategia de formación por proyectos, estos son proyectos de software enfocados a cubrir una necesidad del sector primario y extractivo del departamento. Sin embargo, se observa que hasta la fecha los proyectos desarrollados por los estudiantes del CEDRUM del SENA, han presentado inconvenientes durante su desarrollo y por ende el producto final no refleja el impacto esperado, por cuanto se ha identificado algunos problemas a la hora de tomar los requerimientos por parte de los aprendices, directamente de los empresarios del sector, solicitantes del servicio. Es así como en el momento de dar solución a las necesidades del sector primario y extractivo del departamento, por medio de una herramienta software, existe una falencia cuando se interpretan los requerimientos de los usuarios y por ende se obtiene un producto que no es pertinente y se pierden recursos y tiempo reestructurando el software.

Tradicionalmente los analistas o los ingenieros de requisitos emplean diferentes técnicas de elicitación de la información con la intención de identificar las funcionalidades esperadas del producto software. Sin embargo, existen unos retos con respecto a esta actividad de elicitación de requerimientos, por cuanto factores como la comunicación entre los stakeholders producen ambigüedad en el lenguaje, la dificultad de expresar lo que se quiere por parte del usuario final, la cultura, el dialecto, el uso de terminología técnica del área de conocimiento, dificultan una adecuada especificación de los requerimientos. Sumado a esto el nivel de educación que tienen nuestros usuarios finales, permite deducir que para dar una solución que mejore el proceso, es necesario tener en cuenta aspectos que guíen de forma más acertada la identificación de las necesidades de los clientes para una adecuada elicitación de los requerimientos.

1.2. Pregunta de investigación

De acuerdo a lo planteado se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué forma se puede hacer que los proyectos de software realizados en el centro CEDRUM sean pertinentes y generen un impacto positivo en el sector productivo y extractivo de Norte de Santander?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Modelar la elicitación de requerimientos por medio de técnicas formales y de inteligencia artificial para proyectos de software del Centro CEDRUM del SENA.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las técnicas formales y de inteligencia artificial para el modelado de elicitación de requerimientos para proyectos de software.
- Seleccionar las técnicas de elicitación de requerimientos a utilizar para proyectos de software que se desarrollan en el Centro Cedrum del SENA.
- Diseñar el modelo para la elicitación de requerimientos a partir de las técnicas seleccionadas para proyectos de software que se desarrollan en el Centro Cedrum del SENA.
- Validar con un caso estudio la elicitación de requerimientos para proyectos de software que se desarrollan en el centro CEDRUM del SENA.

1.4. Justificación

El presente trabajo se enfoca en la Elicitación de requerimientos ER, considerada como una de las actividades de la primera etapa del proceso para abstraer la información necesaria del problema que se quiere resolver con el producto software. Por esta razón, el objetivo fundamental ha sido modelar la elicitación de requerimientos por medio de técnicas formales y de inteligencia

artificial para proyectos de software del Centro CEDRUM del SENA, el cual tiene como fin dar solución a las dificultades que se le presenta tanto a los desarrolladores como a los stakeholders.

Partiendo de lo descrito anteriormente, el estudio se justifica desde el punto de vista institucional, puesto que es importante que los proyectos de software desarrollados en el Centro CEDRUM del SENA, identifiquen los requerimientos apropiados desde su inicio, a fin de que sean oportunos y generen impacto e innovación en el departamento. Ahora bien, para que los proyectos sean pertinentes con la misión institucional, es necesario que posea una buena elicitación de los requerimientos donde es preciso tener en cuenta:

- La técnica de elicitación de requerimientos escogida sea la adecuada para el proyecto de software que se desea desarrollar.
- Asegurar que los requerimientos de usuario sean consistentes y factibles.
- Verificar que los requerimientos detectados cumplan lo solicitado por los stakeholders.

Esta investigación también se justifica desde el punto de vista académico por cuanto contribuirá a ampliar el conocimiento que tienen los aprendices respecto al tema de elicitación de requerimientos, así como la implementación de las técnicas novedosas que aporta la inteligencia artificial en el desarrollo de software.

1.5. Alcance

Se identifican las técnicas formales y de inteligencia artificial que aportan valor a la elicitación de requerimientos, a partir de esta identificación se establece la técnica de elicitación utilizada para este proceso.

Luego, se realiza el diseño del modelado para la elicitación de requerimientos de software, de acuerdo a las técnicas formales identificadas. Por último, se procede a validar el modelo, con un caso de estudio de un proyecto de software desarrollado por los aprendices del centro CEDRUM del SENA.

1.6. Metodología empleada

La metodología de investigación para el desarrollo del proyecto tiene un enfoque cualitativo, puesto que el proceso de indagación es más flexible, en el cual se obtiene información observando y entrevistando a expertos, para considerar su experiencia al elicitar los requerimientos de un proyecto de software. El alcance de la investigación se enfoca en un estudio documental descriptivo, el cual pretende especificar las propiedades y características de la elicitación de requerimientos, las técnicas formales de la inteligencia artificial, también tiene un alcance exploratorio, por cuanto el propósito es indagar en los estándares formales de la inteligencia artificial y cómo se puede modelar la elicitación de requerimientos para los proyectos de software.

El diseño de la investigación es exploratorio secuencial, en la modalidad comparativa, donde se recolectan datos cualitativos para explorar la elicitación de requerimientos desde las técnicas formales de la inteligencia artificial y luego pasamos a la fase de recolección de los datos cuantitativos que se obtendrán a partir de los instrumentos aplicados a los instructores (expertos) del centro CEDRUM del SENA. (Ver Figura 1)



Figura 1. Diseño metodológico de la investigación. Elaborado por la autora.

La población que se va a tener en cuenta en la investigación son los aprendices e instructores (expertos) de la tecnología de análisis y desarrollo de sistemas de información del Centro Cedrum del SENA y el sector productivo agro y minero de Norte de Santander. Las fuentes de información son documentales, mediante la búsqueda de bibliografía académica para la construcción del marco teórico y estado del arte. La población que se involucra representa otra fuente de información, por cuanto aporta información pertinente.

Las consideraciones éticas en este proyecto se tienen el respeto a la propiedad intelectual, el buen uso de la información y el consentimiento informado en el momento de aplicación de los instrumentos en la población involucrada. Los instrumentos de recolección de información diseñados fueron validados antes de ser aplicados por expertos en el área.

2. CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Antecedentes de la investigación

En el presente capítulo se citan los diferentes estudios encontrados en la literatura relacionados con los aspectos principales para la elicitación de requerimientos como tema principal de la investigación, los cuales buscan contribuir con los cambios que se suscitan a nivel mundial y nacional; se persigue entre otros aspectos comprender y conocer los procedimientos indispensables en el proceso de la elicitación de requerimientos para proyectos de software. Estos antecedentes sirven como referencia en la orientación de la investigación.

2.1.1. Antecedentes internacionales

Desde la perspectiva de las investigaciones realizadas a nivel internacional, se presentan algunos estudios, cuyos resultados denotan distintos enfoques para unificar criterios al abordar el tema de requerimientos. Entre ellas se mencionan:

La investigación realizada por Oliveros y Antonelli (2017), *“Prácticas de la Ingeniería de Requerimientos en las Organizaciones de Desarrollo”*, destaca que el énfasis en las organizaciones de desarrollo de software esta originado por las prácticas de elicitación de requerimientos y estas se encuentran asociadas a los aspectos culturales de los usuarios y desarrolladores. También el autor asegura que predominan las prácticas más tradicionales, las empresas no utilizan las técnicas nuevas, que serían las más “adecuadas” a los proyectos que se desarrollan actualmente.

También un estudio realizado por Manies y Nikual (2011), en Lappeenranta University of Technology de Finlandia, la investigación se titula: *“La elicitación de requisitos en el contexto de un proyecto de software”*, donde los autores describen algunos métodos para aplicar en la elicitación de requerimientos, de acuerdo con el tipo de proyecto, precisando que es el punto clave a fin de lograr el éxito de estos, puesto que, pueden acortar el tiempo y reducir costos,

porque así se obtiene la veracidad y pertinencia de los requerimientos del proyecto evitando realizar modificaciones cuando ya se avanza en el ciclo de vida del proyecto.

Por su parte, Medina, Pytel y Pollo (2015), plantean la *“Propuesta de metodología para automatización del proceso de elicitación de requisitos. se enfocan en agilizar o facilitar el proceso del ciclo de vida de un proyecto de software”*, donde se analiza una gran cantidad de documentación escrita en lenguaje natural, lo que toma gran cantidad de tiempo. Esto demuestra la necesidad de la elicitación de requerimientos y la tendencia a mejorar el proceso utilizando nuevas tecnologías, por cuanto es de suma importancia tener claro los requerimientos del cliente con la finalidad de poder desarrollar la solución de software que sea pertinente y de calidad.

En el 1er seminario Argentina-Brasil de Tecnología de la Información y la Comunicación, Cattaneo (2011) se expuso un estudio que lleva por título: *“Propuesta de Aplicación de Técnicas de Representación de Conocimiento en el Análisis de Requisitos Software”*, en donde se estructuró y categorizó la masa de información de los requisitos mediante técnicas de representación del conocimiento. Además fueron seleccionadas las técnicas de mayor uso para la educación de requisitos en la Ingeniería de Requerimientos como la entrevista, cuestionario, observación de tareas, incidentes críticos, entre otras y las técnicas formales de representación de conocimiento de la Ingeniería de Conocimiento como redes semánticas, frame, árboles de decisión y reglas, para aplicarlas a los casos de estudio y recomiendan que dependiendo de la técnica de educación a utilizar, el proceso de formalización puede ser complejo o no.

En búsqueda de dar solución a las diferentes causas de fracaso de los proyectos de software por medio de la inteligencia artificial, se encuentra el estudio realizado por Corral y Carrillo (2014) *“Desarrollo de un Sistema experto para la especificación de requerimientos”*, donde efectúan un sistema experto en cual permite obtener un documento de especificación de requerimientos basado en el estándar IEEE 830, documento entendible y legible para la fase inicial del desarrollo de un producto software; permitiendo mitigar la mala especificación de requerimientos, ya que trasladar de un lenguaje natural a una especificación es un reto de la fase de elicitación de requerimiento.

En Perú, Gramajo, Ballejos y Ale (2018), a través de su trabajo *“Análisis de las Técnicas de Aprendizaje Automático aplicadas en la Ingeniería de Requerimientos de Software: Un Mapeo Sistemático de la Literatura”*, mencionan que múltiples técnicas de Aprendizaje Automático han demostrado su aplicabilidad en varios dominios de la ingeniería de software, por mencionar algunas como la lógica difusa, redes neuronales, sistemas basados en conocimiento, sistemas expertos, entre otras; actualmente estas técnicas son utilizadas en el abordamiento de diferentes problemas. El objetivo principal del estudio fue Identificar y analizar los avances de la Ingeniería de Requerimientos, respecto a la aplicación de técnicas de Aprendizaje Automático Supervisado, donde uno de los resultados obtenidos fue la identificación de las actividades relacionadas a la clasificación de requerimientos funcionales y requerimientos no funcionales son las de mayor incidencia en la aplicación de técnicas de Aprendizaje Automático de tipo Supervisado.

Se observa la necesidad de dar soluciones que ayuden en la identificación de los requerimientos desde el inicio de los proyectos de software, puesto que el descubrir conocimiento en dominios como la ingeniería de requisitos es un problema no trivial debido a las grandes cantidades de conocimiento tácito que dificultan la organización de este en una estructura, por esto se generan investigaciones que somete a discusión la pertinencia de caracterizar los dominios de conocimiento mediante propuestas de ontología que ayuden a los buscadores del conocimiento (elicitación de requerimientos) a tener mayor claridad de la situación que se establezca.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Se han realizado trabajos de investigación en Colombia por medio del cual se pretende mitigar errores que se pueden producir por una mala interpretación o especificación del conocimiento ante la necesidad de software presentada por el usuario; de acuerdo a diferentes factores y situaciones, se han planteado hipótesis que pretenden mejorar el proceso de elicitación de requerimientos, los cuales se citan a continuación:

Merchán, Urrea y Rebollar (2015), realizaron una investigación titulada: *“Definición de una metodología ágil de ingeniería de requerimientos para empresas emergentes de desarrollo de*

software del sur-occidente Colombiano”, con el fin de mejorar el proceso de ingeniería de requerimientos, puesto que los estándares utilizados son internacionales y acceder a estos tienen un costo elevado para las empresas emergentes. Esta metodología tiene como primera fase la Elicitación de requerimientos para iniciar un proyecto de desarrollo de software.

Igualmente se destaca el estudio presentado por Serna, Bachiller y Serna (2017), titulado: *Gestión del conocimiento transdisciplinar en la elicitación de requisitos*. Los autores dan importancia al proceso de elicitación de requisitos e indicando que la gestión del conocimiento es transdisciplinar, puesto que los stakeholders provienen de diferentes áreas o disciplinas, por esta hipótesis crearon un modelo para gestionar el conocimiento, para mejorar la especificación de requisitos que facilite el intercambio de conocimiento del problema y necesidades del sistema.

Por su parte, Zapata, Giraldo y Mesa (2010), han desarrollado una propuesta utilizando ontología que juega un papel importante en las ciencias de la computación y su uso se ha incorporado en la ingeniería de requisitos, como apoyo en las tareas de educación de requerimientos, el cual titularon: *“Una propuesta de Metaontología para educación de requisitos*. Este trabajo se realizó pensando en una posible automatización de las entrevistas con los stakeholders, en el momento de levantar la información requerida para la identificación de los requerimientos de una aplicación de software.

Respecto a la “Ingeniería de proyectos de explotación de información”, se puede mencionar que una de sus líneas de investigación es la aplicación de técnicas de Ingeniería del Conocimiento a la Educación de Requisitos de Proyectos de Explotación de Información, donde han desarrollado un conjunto de herramientas para la etapa temprana del proyecto de explotación de información, centrando la formalización de requisitos, dando importancia y encaminando a la solución de errores que pueden aparecer en el desarrollo avanzado o en la etapa final del proyecto los cuales inciden en la pérdida de tiempo y dinero para los proyectos.

Adicional a la elicitación de los requerimientos del usuario para el sistema, se observa en otras investigaciones el uso de técnicas de inteligencia artificial para complementar el proceso de desarrollo de software y obtener un producto de calidad; como se plantea en la investigación de

Ruiz et al, (2006), titulada: “*Modelo de evaluación de calidad de software basado en Lógica Difusa, aplicada a métricas de usabilidad de acuerdo con la norma ISO/IEC 9126*” (2006), donde por medio de este modelo se realizó un proceso de evolución, identificando los factores más sensibles de una aplicación para un usuario final determinado, en otras palabras, utilizaron la lógica difusa para medir la calidad del software y cumpla con los requisitos planteados por el usuario.

Los investigadores han decidido crear un modelo que mejore la dificultad planteada, apoyándose en técnicas de inteligencia artificial como los sistemas tutoriales inteligentes (Intelligent Tutoring Systems, ITS) y el Razonamiento basado en Casos (Case-Based Reasoning, CBR). En la presente investigación se utiliza la técnica de elicitación de requerimientos y de inteligencia artificial para mitigar errores que se pueden producir en la educación de requisitos de los proyectos de software.

También Rodríguez y Goncalves (2011), en su investigación “*Implementación de requisitos en sistemas orientados a datos con lenguaje OCL y lógica difusa*”, plantean un método que soporta la especificación, modelado e implementación de requisitos difusos en el desarrollo de software. A partir de la especificación de los requisitos en lenguaje natural e identificando los términos, realiza un modelo conceptual del dominio de aplicación que involucre los requisitos difusos usando el Perfil de Modelado de Requisitos Difusos; por último, los requisitos difusos modelados se traducen al lenguaje SQLf. Logrando así la construcción de aplicaciones con requisitos difusos pueda ser automatizada para eliminar o minimizar el problema de ambigüedad.

Adicionalmente, en Medellín Ramírez (2013) en la búsqueda de identificar las características esperadas del software propuso la investigación “*Apropiación de técnicas de elicitación de conocimiento y de comunicación personalizadas para potenciar el proceso de Ingeniería de Requisitos*”, donde presenta una propuesta metodológica para mejorar la comunicación durante el proceso de Ingeniería de Requisitos, enmarcado desde la ingeniería de procesos y desde las estrategias de comunicación en el contexto de las técnicas de elicitación de conocimiento y en el contexto de las técnicas de comunicación, facilitando la comunicación entre los stakeholders; generando así una metodología que tuvo un impacto en el área de la Ingeniería de

Requisitos al incorporar técnicas desde cualquier contexto para mejorar la comunicación; con el fin de lograr un mejor entendimiento de las necesidades de los clientes.

Teniendo como referencias las investigaciones anteriores, se observa la importancia de la elicitación de requerimientos en los proyectos de desarrollo de software y poder apalancar con herramientas de la IA como la lógica difusa para mitigar los errores que se presentan en la primera fase del ciclo de vida de los proyectos de software, para diseñar el modelo planteado. Y según Cepeda-Negrete (2011) en su trabajo “*Modelado de Sistemas Difusos de Múltiples Entradas y Salidas*” menciona que la lógica difusa permite tratar con problemas que presentan vaguedad y ambigüedad, por cuanto estos problemas son comunes en las tareas cotidianas teniendo así que utilizarse metodologías adecuadas para su tratamiento.

2.2. Marco teórico

Para Hernández, Fernández, y Baptista (2014), los fundamentos teóricos “representan aquellos enfoques o corrientes desarrollados por autores sobre el tema tratado en la investigación. En esta parte hay que conceptualizar, interpretar y vincular los fundamentos teóricos con el tema. A continuación, se describen los fundamentos en los que está contenido el problema de la presente investigación, así como las definiciones más importantes.

2.2.1. Requerimiento de software

Con el transcurrir de los años se ha comprobado que el requerimiento constituye la fase primordial en el diseño de un proyecto de desarrollo de software, por cuanto es considerada la etapa de iniciación, donde se establecen las acciones, estrategias, presupuesto, así como la selección de los recursos necesarios y elaboración del cronograma como un componente de control, además útil durante la etapa de desarrollo del software.

Según Sommerville (2005), los requerimientos para un sistema son: la descripción del servicio proporcionado por el sistema y sus restricciones operativas, refleja las necesidades del

cliente de un sistema que ayude a resolver algún problema como el control de un dispositivo, hacer un pedido o encontrar información (p.108)

A tal efecto, la ingeniería de requerimientos representa el fundamento para el desarrollo de software, por cuanto se orienta un área elemental, como lo es definir exactamente lo que se pretende producir. Su primordial gestión radica en generar las especificaciones adecuadas y de forma clara las necesidades del cliente; y en este sentido lograr disminuir o eliminar los inconvenientes que se puedan originar debido a una gestión inadecuada, respecto a los requerimientos para el desarrollo de software.

Según la IEEE (1990), definen el análisis de requisitos, que puede interpretarse como la definición de ingeniería de requisitos: “el proceso de estudiar las necesidades del usuario para llegar a una definición de requisitos de sistema, hardware o software. El proceso de estudiar y refinar los requisitos del sistema, hardware o software” (p.102)

2.2.2. Ingeniería de requerimientos

La ingeniería de requerimientos, de acuerdo a lo expresado por Pressman (2006), permite entender mejor el problema en cuya solución trabajaran. Incluye el conjunto de tareas que llevan a comprender el impacto del software sobre el negocio, qué es lo que el cliente quiere y cómo interactuará el usuario final con el software. (p. 102)

Por su parte, Sommerville (2005) precisa la ingeniería de requerimientos como: “el proceso de desarrollar una especificación de software. Las especificaciones pretenden comunicar las necesidades del sistema del cliente a los desarrolladores del sistema”. (p. 82)

Para Hadad (2011), “es la disciplina que busca sistematizar el proceso de definición de requisitos. Apunta a mejorar la forma de comprender y definir sistema de software complejo”. (p. 14)

De acuerdo a las diferentes definiciones, cabe destacar que la ingeniería de requerimientos se enfoca en las actividades que se deben efectuar con el propósito de identificar adecuadamente los requerimientos del sistema de software.

En el cuerpo del conocimiento de la ingeniería de software definen, un requerimiento de software: “Es una propiedad que debe ser expuesto con el fin de resolver algún problema en el mundo real” (Swebok V3, 2014).

De acuerdo con las definiciones citadas, se puede decir que los requerimientos en proyectos de software son las especificaciones que define el usuario de lo que debe hacer el sistema, que se desarrollara para dar solución a las necesidades de este. Como se ha aclarado los requerimientos son las características y funcionalidades de los sistemas de software.

A juicio de Herrera (2003), dentro del área de conocimiento de la Ingeniería de Requerimientos, se ubica el de Requisitos de Software, el mismo se ocupa de las actividades básicas de: extracción, análisis, especificación, y la validación de los requisitos de software, las cuales permiten completar el proceso del desarrollo de software:

- *Extracción:* es la primera actividad que comprende el hallazgo de los requerimientos que debe integrar el sistema. Es en esta fase donde los expertos participan activamente con el cliente, a fin de describir la problemática que debe resolver el sistema, los servicios que prestará, las posibles restricciones, entre otros aspectos. Es de suma valor, que la fase de extracción o elicitación sea una práctica segura, de manera que el cliente se sienta satisfecho con el resultado del software solicitado.

- *Análisis:* una vez realizada la extracción o elicitación de requerimientos, se da inicio la segunda fase con la finalidad de identificar dificultades por medio de los requerimientos del sistema. Es importante realizar un esquema preliminar sobre el instrumento de requerimiento, para luego someter a un análisis los datos e información extraída, donde se pueda interactuar y comparar opiniones con otros expertos, a fin de puntualizar los problemas encontrados, buscar

alternativas de solución, para posterior reunirse nuevamente con el cliente y llegar a acuerdos en el diseño final del desarrollo del software.

- *Especificación:* en la tercera fase se fundamentan los requerimientos convenidos con el cliente, y al mismo tiempo que se pasa en limpio el análisis, se le aplican técnicas y estándares de documentación, tal como el Lenguaje de Modelado Unificado, el cual es notación estándar y semántica esenciales hacia el modelado dirigido a objetos, utilizado comúnmente en el proceso de requerimientos.

- *Validación:* es la cuarta y última fase de actividades de la Ingeniería de Requerimiento. Tiene como finalidad, confirmar los requerimientos presentes en el documento especificado, de este modo certificar que contiene una descripción, aprobada del sistema y que puede ser empleada, de modo que los requerimientos deben ser consistentes y completos.

De acuerdo a lo descrito, se puede decir que el proceso para la ejecución de la Ingeniería de Requisitos está representado por actividades bien estructuradas, por medio del cual se diseña un documento de especificación de requerimientos, bajo un perfil formal y aceptable, producto del proceso ordenado y definido. Tal como se ilustra en la Figura 2, los procesos de la IR, y las primeras áreas del Conocimiento de la Ingeniería de Software:

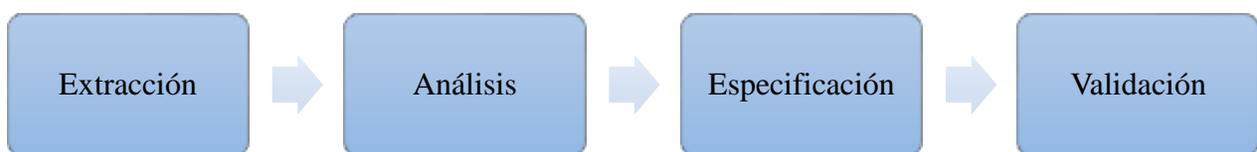


Figura 2. Proceso de la ingeniería de requerimientos. Fuente: Herrera, L. (2003)

Cabe destacar que cada organización debe desplegar su propio proceso tomando en cuenta el tipo de producto a desarrollar, su cultura, así como la experiencia y destreza de los expertos involucrados en el área del conocimiento de la ingeniería de requerimientos, puesto que ellos poseen una perspectiva más objetiva, de allí la importancia de su participación. Las fases o actividades de la IR, ya mencionadas se encuentran implícitas dentro de las acciones que registra

el área de Requerimiento de software, como se dijo anteriormente representa la etapa de inicio, según se puede visualizar en la Figura 3.

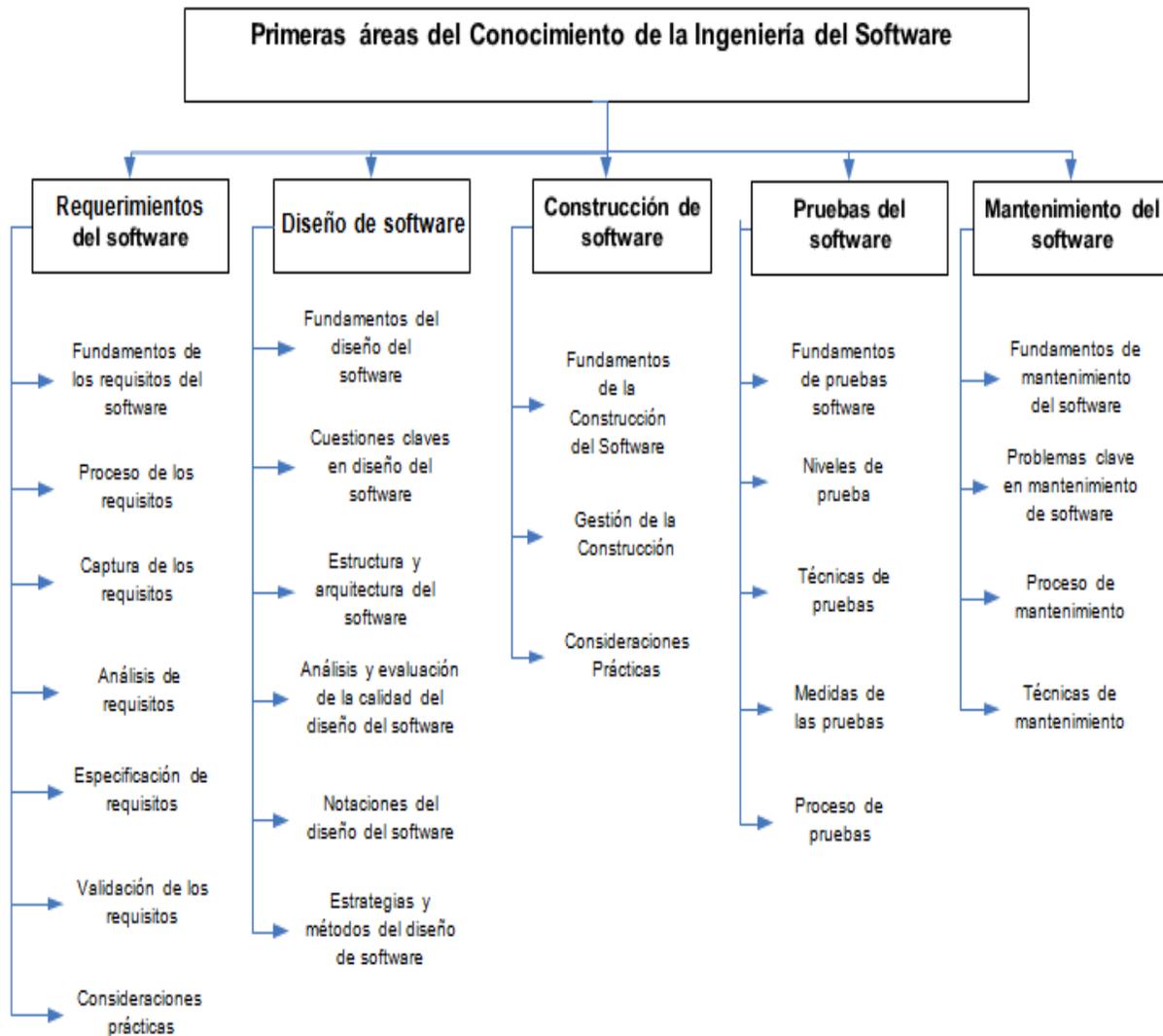


Figura 3. Primeras áreas de conocimiento de ingeniería del software. Fuente: Swebok V3 (2014)

Como se puede observar en la figura anterior se desprende las actividades de inicio para fundamentar el área específica de Requerimiento de Software, sin embargo, por la temática particular del estudio, se resalta la fase que comprende la etapa fundamental en el inicio y preparación, como lo es la captura de los requerimientos siendo de mucha importancia puesto que, ayuda al direccionamiento correcto y adecuado que deben considerar los expertos a fin de alcanzar niveles de calidad, para la aceptación y satisfacción de los clientes.

2.2.3. Elicitación de requerimientos

Según el Cuerpo de conocimiento del Análisis de Negocio –Business Analysis Body of Knowledge (BABOK), la elicitación de requerimientos es una tarea clave en el análisis de Negocio. puesto que sirven para dar solución a las necesidades del negocio o de los Stakeholders. Además, determina las tareas para el proceso de elicitación de requerimientos Figura 4.

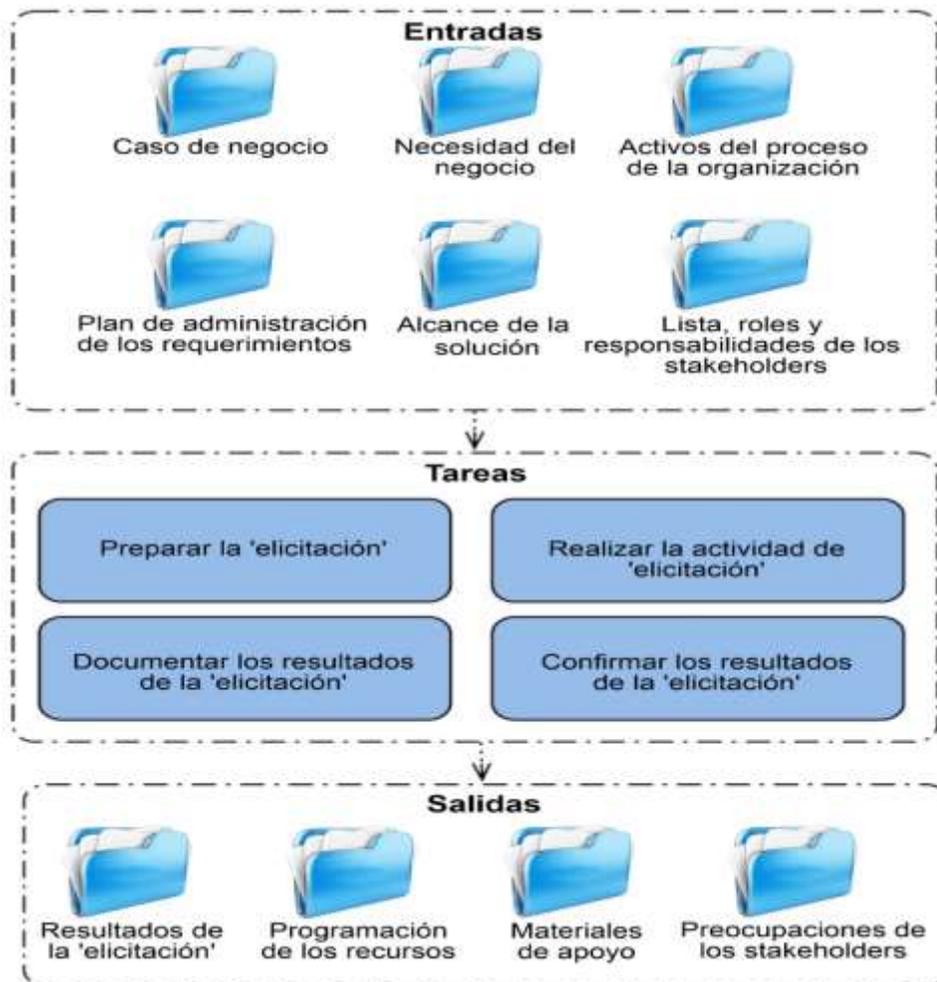


Figura 4. Diagrama entrada salida elicitación. Fuente: BABOK.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las tareas de elicitación de requerimientos definidas por el estándar de las prácticas del análisis de Negocio, la guía BABOK, por cuanto es el estándar por el cual se va a trabajar el modelado de la elicitación.

Tabla 1.

Resumen de elicitación de requerimientos, según BABOK

Tarea	Descripción	Entradas	Salidas
Preparar la elicitación	Asegurar que todos los recursos necesarios estén organizados y programados para la realización de la actividad de elicitación.	Necesidad de negocio. Alcance de la solución y caso de negocio. Lista, roles y responsabilidades de los Stakeholders.	Programación de recursos. Materiales de apoyo.
Realizar la actividad de Elicitación	Reunirse con los stakeholders para elicitar información sobre sus necesidades	Necesidad de negocio. Activos del proceso de la organización. Plan de administración de los requerimientos. Programación de recursos. Alcance de la solución y caso de negocio.	Resultado de la elicitación.
Documentar los resultados de la elicitación	Registrar la información proporcionada por los stakeholders para usarse en el análisis.	Resultados de la elicitación	Requerimientos (declarados). Preocupaciones de los stakeholders.
Confirmar los resultados de la elicitación	Validar que los requerimientos declarados expresados por los stakeholders coincidan con el entendimiento del problema y las necesidades de los stakeholders	Requerimientos (declarados, sin confirmar). Preocupaciones del stakeholders (sin confirmar)	Requerimientos (declarados, confirmados). Preocupaciones de los stakeholders (confirmadas).

Elaborado por la autora.

2.2.3.1. Fuente de los requerimientos

Existe un conjunto de fuentes de requerimientos en cada proyecto de desarrollo de software. Usuarios y expertos abastecen de información detallada acerca del problema y necesidades del usuario. Sin embargo, cualquier persona con algún interés en el proyecto posee información relevante a considerar para el desarrollo de la solución. Tanto los procesos y sistemas ya existentes pueden representar importantes fuentes de requerimientos, principalmente en aquellos casos donde se realizará un remplazo o actualización de un software. Asimismo, se deben considerar como fuentes todo tipo de documentos como manuales y reportes, incluso especificaciones de requerimientos anteriores, que puede proveer información útil acerca de la organización y su entorno.

De acuerdo con SWEBOK V3 (2014), existe diversidad de fuentes en software, por lo que es importante que estén claramente identificadas, y a su vez evaluadas a fin de conocer el efecto que causará en el mismo. Esto permite promover la comprensión de las fuentes potenciales de los requerimientos, entre los principales puntos destaca:

- *Meta:* se refiere a los objetivos totales, de alto nivel del software. Las metas proporcionan la motivación para el software, pero a menudo son formuladas vagamente. Es necesario que los ingenieros de software presten atención particular a determinar el valor (concerniente a prioridad) y coste de metas.
- *Conocimiento del dominio:* Los ingenieros de software necesitan adquirir, o tener disponible, conocimiento sobre el uso del dominio. Esto permite deducir el conocimiento que los stakeholders no articulan, determinar las compensaciones que serán necesarias en requerimientos que están en conflicto
- *Stakeholders:* Mucho software se ha probado insatisfactorio porque había tensionado los requerimientos de un grupo de stakeholders a expensas de los de otros. Por lo tanto, se entrega el software que es difícil de utilizar o que derriba las estructuras culturales o políticas de la organización del cliente. Los ingenieros de software necesitan identificar, representar, y manejar —puntos de vista de muchos diversos tipos de tenedores.
- *El entorno operacional:* Los requerimientos serán derivados del ambiente en el cual el software será ejecutado. Éstos pueden ser, por ejemplo, el medir el tiempo en tiempo real del software o de la interoperabilidad en un ambiente de la oficina. Éstos deben ser buscados activamente, porque pueden afectar grandemente a la viabilidad y el coste del software, y restringen las opciones de diseño.
- *El entorno de la organización:* El software se requiere a menudo para apoyar un proceso del negocio, la selección del cual se puede condicionar por la estructura, cultura, y política interna de la organización.

Por esto la importancia de esta etapa, por cuanto, representa una etapa basada en la comunicación interpersonal donde se define los requerimientos de un nuevo sistema mediante el

intercambio fluido de información entre usuarios, clientes, expertos en el dominio de aplicación y analistas.

2.2.3.2. Técnicas para la recolección de datos

Una de las tareas de mayor precisión para el inicio del desarrollo de software está en la selección de las técnicas apropiadas para el levantamiento de requerimientos, puesto que afecta el éxito o fracaso de dicho proceso. A continuación, se describen las técnicas de elicitación de requerimientos más utilizadas, que define el Cuerpo de Conocimientos del Análisis de Negocio:

- *Entrevista:* En el cuerpo del conocimiento Swebok la definen como un medio “tradicional” de sacar requisitos. Para tomar en cuenta esta técnica se considera importante que el experto deba entender las ventajas y limitaciones de las entrevistas y cómo deben ser conducidas de una manera efectiva.

Por su parte, Pressman (2005), la define como la técnica de recopilación de información más utilizada en el proceso de elicitación, sirviendo a su vez de base para la aplicación de las otras técnicas de elicitación de la información, pues representa una forma de comunicación natural entre las personas.

Para Zapata y Carmona (2009), representa la principal técnica utilizada para la educación de requisitos, pues permite al analista tomar conocimiento del problema y comprender los objetivos de la solución buscada.

De acuerdo con Thayer y Dorfman (2000), la entrevista es un método para descubrir hechos y opiniones que tienen los posibles usuarios y otros participantes dentro del sistema que se está desarrollando, y se pueden agrupar en: entrevistas cerradas y entrevistas abiertas; el primer grupo donde el entrevistador (ingeniero de requerimientos) realiza un conjunto de preguntas antes del encuentro con el entrevistado, para luego aplicarlas. Por el contrario, el segundo grupo en las cuales no se preparan preguntas concretas, en este caso se discute con el entrevistado sobre las expectativas que tiene del sistema.

Según el BABOK una entrevista es un enfoque sistemático diseñado para obtener información de una persona o grupos de personas en un contexto informal o formal hablando con un entrevistado, haciendo preguntas relevantes y documentando las respuestas. Igualmente, clasifica la entrevista para obtener requerimientos en dos tipos: la *entrevista estructurada*: donde el entrevistador tiene sus preguntas preparadas con anterioridad, y la *entrevista no-estructurada*, sin preguntas formuladas, es una conversación donde el entrevistador y el entrevistado hablan sobre temas de interés de modo abierto. Para realizar una entrevista se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

- a. Preparación de la entrevista, donde se define el foco u objeto de la entrevista antes de iniciar.
- b. Identificar a los entrevistados potenciales.
- c. Diseñar la entrevista; es posible que el entrevistador llegue a necesitar un diseño de entrevista para cada entrevistado. El formato de entrevista puede tener preguntas cerradas y abiertas. Las preguntas deben tener un orden lógico. La entrevista debe tener definido un tiempo y sitio de la entrevista.
- d. Al finalizar la entrevista, el entrevistador organiza la información y envía las notas al entrevistado para su revisión.

Se puede decir que, la ventaja de utilizar la entrevista como técnica de elicitación es que permite obtener una gran cantidad de información útil en el desarrollo del sistema; para su correcta aplicación se debe tener habilidades de comunicación social, la capacidad de escuchar y conocimiento de estrategias de entrevistas. Por otra parte, si no se tiene dominio de este método se corre el riesgo de tener una difícil organización de la información y por ende definir requerimientos inconsistentes.

- *Observación de las tareas habituales*: En esta técnica el ingeniero de requisitos (observador) interviene en el ambiente donde se ejecuta las actividades cotidianas de los clientes o usuarios tomando notas. Esta observación se puede realizar de forma directa, es decir que el observador esté presente mientras el cliente o usuario realiza sus actividades; o indirecta, cuando la observación se realiza en otro escenario o a través de otro medio donde no esté presente el

observador en el instante de realizar la actividad. Muchos analistas están de acuerdo que los stakeholders deberían ser observados siempre que sea posible (Hickey & Davis, 2002)

Es un método en el cual el observador tiende a volverse parte de la comunidad de interés, a través del desarrollo de un rol legítimo dentro de la misma (Thayer y Dorfman, 2000). La observación es una buena técnica llegado el caso los usuarios estén muy ocupados o no puedan dejar a un lado sus actividades para entrevistarse con el equipo de elicitación de requisitos.

Para el BABOK la observación es medio de elicitar requerimientos efectuando una evaluación del ambiente de trabajo de los stakeholders. Es una técnica ideal cuando se documentan los detalles de un proceso. Asimismo, define dos enfoques:

- a. *Pasivo o invisible*: donde el observador observa al usuario realizando sus actividades de trabajo, pero no hace preguntas, el observador solo se limita a registrar lo que ha observado.
- b. *Activo o visible*: en este enfoque, el observador toma nota y puede dialogar con el usuario, en caso que tenga preguntas sobre el proceso que esté realizando.

Igualmente, considera que para realizar la observación se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

- a. *Prepara la observación*: determinar la muestra de usuarios observará y que actividades, preparar preguntas para hacer durante o después del proceso de observación.
- b. *Observar*: el observador se presenta con la persona que va a ser observada, para dejarle claro cómo va a ser el proceso y el observado no se sienta intimidado, esto puede tener consecuencias negativas para los resultados.
- c. *Resumen posterior a la observación*: el observador debe documentar y confirmar el resumen generado con los usuarios.

Por medio de esta técnica, el equipo de elicitación se puede apropiarse del proceso y actividades que se realizan cotidianamente en las organizaciones de los stakeholders.

- *Tormenta de ideas*: Es una técnica de elicitación grupal que permite la interacción de todos los stakeholders en una reunión para aportar sus ideas con respecto a los requerimientos del sistema. En estas sesiones se generan una amplia variedad de puntos de vistas, se estimula el pensamiento creativo, se logra construir una imagen más completa del problema, se provee un ambiente social mucho más confortable y de fácil aprendizaje (Tuffley, 2005).

Estas reuniones suelen realizarse con 4 a 10 personas, se tiene un líder, pero solo para dar inicio, mas no para restringir la evolución de la sesión. En esta tormenta de ideas se presentan algunas reglas: (a) no es permitida la crítica y el debate, ya que esto dilataría la reunión y se perdería el objetivo inicial, (b) dejar que la imaginación vuele, con el fin de conformar las mejores ideas, ya que estas suelen generarse de la combinación de varias ideas, (c) generar la mayor cantidad de ideas, y (d) priorizar las ideas. (Madigan, 2003)

El BABOK define la tormenta de ideas como una de las mejores técnicas para fomentar el pensamiento creativo para abordar un problema. Su forma de funcionamiento se centra en un tema o problema, luego se genera muchas posibles soluciones a este; es una técnica para aplicar en grupo ya que se basa en la experiencia y creatividad de todos los miembros del grupo. Se deben tener en cuenta para realizar la tormenta de ideas los siguientes elementos:

- a. *Preparación*: Se debe desarrollar una definición clara del área de interés, determinar tiempo, identificar un moderador y los participantes en la sesión, establecer expectativas con los participantes y establecer el criterio de evaluación y calificación de las ideas.
- b. *Sesión*: durante esta se debe compartir las ideas libremente, sin crítica, registrar todas las ideas en forma visible, alentar la creatividad de los participantes, no limitar el número de ideas ya que el objetivo es obtener el mayor número de ellas en el tiempo asignado.
- c. *Cierre*: al terminar el tiempo asignado para la generación de las ideas, se inicia la discusión y evaluación de estas, se debe crear un alista de las ideas eliminado duplicados, calificar las ideas y por último se distribuye la lista final a las partes interesadas.

- *Emparrillado*: esta técnica es utilizada en diferentes áreas como ciencia de la computación, marketing, administración de negocios, ingeniería y turismo, entre otras. De acuerdo con Britos, Rossi y García (1999), la técnica permite explicar el conocimiento a fin de dirigir el análisis de datos. Según el autor antes citado, para crear el emparrillado, se debe tener en cuenta cinco etapas: (a) identificar los elementos representativos del conocimiento; (b) determinar las características de los elementos identificados; (c) diseñar la parrilla como una matriz bidimensional, donde los elementos se ubican en las columnas y las características en las filas; (d) formalizar los resultados, por último, (e) elaborar el análisis de los resultados.

- *Prototipos*: En ingeniería de software, se utiliza la técnica de prototipo, para realizar un esquema del software; donde se simula una propuesta de acuerdo a los requerimientos parcialmente obtenidos. Un prototipo es una implementación parcial del sistema (un borrador), se construye para ayudar a los desarrolladores, clientes y usuarios en la obtención de un mejor entendimiento del sistema, en especial de los requerimientos que están menos claros (Madigan, 2003).

De acuerdo a la opinión de Tuffley (2005) el prototipo es técnica no muy recomendada, si el mismo no puede ser construido de manera rápida. Existen dos tipos de prototipos: (a) los prototipos no funcionales o desechables, los cuales permiten entender los requerimientos confusos, y (b) los prototipos funcionales o evolutivos, que permiten construir un sistema con cierta funcionalidad del sistema final y usualmente se convierten en parte del mismo, como una versión beta. (Paetsch, Eberlein y Maurer, 2003),

Los prototipos según el BABOK, detallan los requerimientos de la interfaz de usuario y los integra con otros requerimientos, tales como casos de uso, escenarios, datos y reglas de negocio. Los prototipos pueden clasificarse de dos modos:

- a. *Alcance funcional*: un prototipo modela superficialmente la funcionalidad del sistema.
- b. *Uso a través del ciclo de vida del desarrollo del sistema*: un prototipo “desechable” procura descubrir y aclarar los requerimientos de interfaz usando herramientas simples y rápidas, en ocasiones se utiliza papel y lápiz.

Entre las sugerencias aportadas por el BABOK para realizar el prototipo es necesario tener en cuenta entre otros, los siguientes elementos:

- a. *Prepara la generación del prototipo:* determinar el enfoque para hacer el prototipo desechable versus evolutivo o funcional; vertical versus horizontal. Identificar la funcionalidad a ser modelada.
 - b. *Prototipo:* al construir un prototipo es un proceso iterativo. Los esfuerzos iniciales delimitan las vistas de alto nivel.
 - c. *Evaluar el prototipo:* se debe verificar que los elementos lógicos de la interfaz se relacionen con los requerimientos de usuario.
- *Encuesta:* técnica simple que permite obtener información de una gran cantidad de personas de una manera rápida y eficiente, permite elicitar el punto de vista del cliente o usuario, sus metas, procesos, problemas, mejoras y estructura lógica del producto, entre otros. (Green, 2003)

La técnica de la encuesta, es una forma de elicitar requisitos, en la que el desarrollador utiliza un cuestionario que envía a los usuarios para lograr una comprensión completa del proyecto con base en sus demandas individuales y en las demandas o problemas necesarios para definirlos con mayor precisión. El cuestionario se utiliza ampliamente como herramienta para elicitación de requisitos tal y como se utiliza en la ciencia para el análisis estadístico. (Manies y Nikual, 2011).

La encuesta y cuestionarios definidos por el BABOK es un medio de elicitar información de muchas personas, a veces estas personas son anónimas, en un periodo de tiempo relativamente breve. Las encuestas administran un conjunto de preguntas dirigidas para los stakeholders. Las preguntas pueden ser de dos tipos; preguntas cerradas y preguntas abiertas. A fin de realizar la encuesta o cuestionarios es importante tener en cuenta los siguientes elementos:

- a. *Preparar:* se debe definir el objeto de la encuesta y el grupo de destino de la encuesta, elegir el tipo de encuesta, seleccionar el grupo de muestra, seleccionar los métodos de

recopilación y distribución, proyectar el nivel deseado de respuesta, escribir las preguntas de la encuesta y probar la encuesta.

- b. *Distribuir la encuesta:* para definir los medios de distribución se debe considerar las políticas de la organización, la urgencia de obtener resultados, el nivel de seguridad requerido y la distribución geográfica de los encuestados.
- c. *Documentar los resultados de la encuesta:* comparar las respuestas, analizar y resumir los resultados y entregar un reporte de los hallazgos al patrocinador.

La encuesta se utiliza cuando el número de personas es grande, se requiere un resultado específico. Dependiendo del tipo de preguntas que se realice se puede hacer un análisis cuantificable o interpretación de diferentes maneras. Se recomienda la aplicación de encuestas con una cantidad mínima de preguntas y realizar varias encuestas, puesto que el usuario tiende a cansarse cuando la encuesta contiene una gran cantidad de preguntas. En las definiciones anteriores se aborda las técnicas de elicitación de requerimientos más utilizadas según Carrizo (2004).

Las técnicas de elicitación definidas seguidamente se complementan de acuerdo al BABOK tal como se presenta a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2.

Técnicas de elicitación

Técnicas	Sinónimo
Tormenta de ideas	Lluvia de Ideas
Análisis de documentos	Revisión de documentación existente
Grupos de opinión	
Análisis de interfaces	Análisis de interfaces externas
Entrevistas	
Observación	Aprendizaje por observación en el lugar de trabajo
Prototipos	Creación del guion, flujo de navegación, prototipos en papel, flujos de pantalla
Talleres de requerimientos	Taller de "elicitación", Taller facilitado
Encuestas y cuestionarios	

Elaborado por la autora.

- **Análisis de documentos:** para la comprensión del sistema hay que analizar la documentación, formularios y archivos existentes (Whitten y Bentley, 2008). Es el estudio de la documentación disponible sobre soluciones existentes (BABOK). Esta documentación puede ser: planes de negocio, estudios de mercado, procedimientos, guías de capacitación, entre otros. Esta técnica es utilizada si el objetivo es reunir detalles de soluciones existentes. Se deben tener en cuenta para realizar el análisis de documentos los siguientes elementos:

- a. *Preparación:* evaluar cual documentación existente es relevante.
- b. *Examinar los documentos:* estudiar el material e identificar detalles relevantes del negocio, documentar los detalles del negocio.
- c. *Cierre:* examinar y confirmar los detalles seleccionados junto con los expertos en la materia, organizar la información en un formato de requerimientos, obtener respuesta a las preguntas de seguimiento.

Según el BABOK, el análisis de documentos se utiliza para obtener requisitos mediante el examen de la documentación existente y la identificación de la información relevante para los requisitos. Algunos documentos pueden ser: plan de negocio, de mercadeo, acuerdos, propuesta, flujo de procesos, modelos lógicos de datos, repositorios de reglas de negocio, documentación del software actual, documentación de procesos de negocio o interfaces, casos de uso, entre otros.

- **Grupos de Opinión:** es una forma de elicitar ideas y actitudes sobre un producto o servicio en ambiente grupal interactivo, los participantes comparten preferencias y necesidades, guiados por un moderador. Se utiliza en cualquier estado del ciclo de vida: exploratorio, en desarrollo, listo a ser lanzado o en producción. Dependiendo del lapso puede ocasionar la actualización del requerimiento existente o descubrir nuevos. Esta técnica puede ser similar a una sesión de tormenta de ideas; la diferencia es que el grupo de opinión está más estructurado.

- **Análisis de interfaces:** identificar interfaces entre soluciones y/o componentes de solución y definir los requerimientos que describirán cómo interactúan. Los tipos de interfaces son: interfaces de usuario, interfaces para y desde aplicaciones externas, interfaces para y desde dispositivos de hardware externos. Una de las recomendaciones en el BABOK es que para

realizar la identificación de interfaces para cada stakeholders o sistema que se relaciona con el sistema analizado, se debe describir el objetivo de la interfaz, evaluar qué tipo de interfaz puede ser apropiada, elicitación de detalles de alto nivel sobre la interfaz teniendo en cuenta su tipo. Los requerimientos para una interfaz se centran principalmente en describir las entradas y salidas de la interfaz.

- *Talleres de Requerimientos*: son un modo estructurado de capturar requerimientos. Un taller puede ser usado para delimitar el alcance, descubrir, definir, dar prioridades y llegar a la conclusión de requerimientos para el sistema de destino. Los talleres bien coordinados se consideran uno de los modos más eficaces de entregar requerimientos de alta calidad. Se deben tener en cuenta para realizar el taller de requerimientos los siguientes elementos:

- a. *Preparar el taller*: Aclarar las necesidades de los stakeholders y el objetivo del taller, identificar los stakeholders críticos que deberían participar en el taller, definir el orden del día del taller, determinar qué medios serán usados para documentar los resultados, programar las sesiones, arreglar la logística del lugar, enviar el material de antemano para preparar a los asistentes, realizar entrevistas previas al taller con los asistentes; estas ni serán entrevistas completas de requerimientos se enfocan en asegurar que el objetivo del taller de requerimientos sea entendido.
- b. *Realizar el taller de requerimientos*: elicitación, analizar y documentar requerimientos, obtener el consenso en puntos de vista conflictivos, mantener el foco validando con frecuencia las actividades de la sesión con los objetivos establecidos del taller, el moderador debe estar activamente para no perder el sentido del taller.
- c. *Post cierre del taller de requerimientos*: dar seguimiento de cualquier asunto que haya quedado abierto y fuera registrado en el taller, redactar la documentación y distribuirla a los asistentes del taller y al patrocinador del evento.

Para Whitten y Bentley (2008) describe los talleres de requerimientos como el proceso mediante el cual se conducen reuniones de grupo altamente estructuradas con el propósito de analizar problemas.

Tabla 3.

Descripción de técnicas de elicitación

Técnicas	Característica	Aplicación	Limitación	Ventajas	Desventajas
Tormenta de ideas	Técnica grupal. Fomenta pensamiento creativo.	Se adapta según la metodología utiliza.	La experiencia del ingeniero	<ul style="list-style-type: none"> Elicitar muchas ideas en corto tiempo. Construir una imagen más exacta del problema. Obtener datos generales. 	<ul style="list-style-type: none"> Depende de la creatividad y participación de los involucrados. El grupo de participantes debe acordar evitar debatir las ideas surgidas durante la sesión
Análisis de documento	Estudio de documentación disponible sobre soluciones existentes	Metodologías tradicionales	Existencia de documentación	<ul style="list-style-type: none"> Utiliza materiales existentes para descubrir y/o confirmar requerimientos. Medio de comprobación cruzada de requerimientos con otras técnicas Obtención de datos específicos 	<ul style="list-style-type: none"> Documentación existente puede no estar actualizada o ser válida Puede exigir mucho tiempo
Grupos de opinión	Permite elicitar ideas y actitudes sobre las necesidades en un ambiente de grupo interactivo.	Metodologías Agiles	<p>Tiempo</p> <p>Grupos grandes</p> <p>Dificultad en la organización del grupo.</p> <p>No evalúa el uso</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ahorra tiempo y costo. Es eficaz para aprender sobre las actitudes, experiencias y deseos de las personas. 	<ul style="list-style-type: none"> Los participantes NO dispuestos para hablar de temas sensibles o personales. Datos recabados no son afines con el comportamiento real de las personas. Si el grupo es muy homogéneo las respuestas no representan todo el requerimiento. Necesita un moderador experto para coordinar la interacción y discusión del grupo.
Análisis de interfaces	Identificar interfaces entre soluciones y/o componentes de solución	Metodologías tradicionales	Dificultades en la integración de múltiples componentes	<ul style="list-style-type: none"> Impacto en fechas de entrega. Colaboración con otros sistemas o proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> No proporciona comprensión de otros aspectos de la solución ya que el análisis no evalúa los componentes internos.
Entrevistas	Enfoque sistemático para obtener datos de personas o grupos en un contexto informal o formal.	Versátil en todas las metodologías	Se requiere entrenamiento a fin de realizar entrevistas eficaces.	<ul style="list-style-type: none"> Fomenta la participación y relación con los stakeholders. Técnica directa y simple. Permite explicación amplia a las preguntas. Observación de comportamiento no verbal. Permite preguntas de seguimiento y exploración Mantiene el foco a través de objetivos claros. Permite que los entrevistados expresen opiniones en privado 	<ul style="list-style-type: none"> No es ideal para el consenso de stakeholders. Requiere involucramiento de los participantes. Profundidad de la pregunta depende del conocimiento en el dominio del negocio por el entrevistador. La transcripción y el análisis de datos de la entrevista pueden ser complejos y caros. Nivel de claridad proporcionada durante la entrevista. Documentación resultante puede estar sujeta a la interpretación del entrevistador. Orientación involuntaria al entrevistado.

Tabla 3. (Cont...)

Técnicas	Característica	Aplicación	Limitación	Ventajas	Desventajas
Observación	Evaluación del ambiente de trabajo de los stakeholders. Apropiada al documentar detalles sobre un proceso.	Metodologías tradicionales	Intelectual u otro trabajo que no es fácilmente observable.	<ul style="list-style-type: none"> Elicita detalles de comunicación informal y formas en que trabajan alrededor del sistema. Revela detalle que otros métodos no logran revelar (Nuseibeh & Easterbrook 2004). 	<ul style="list-style-type: none"> Solo para procesos existentes. Puede llevar mucho tiempo. Perturbar a la persona observada. No es funcional si el proceso implica nivel alto de actividad. Técnica costosa
Prototipos	Detallan los requerimientos de la interfaz de usuario e integra con otros requerimientos, como casos de uso, escenarios, datos y reglas de negocio.	Metodologías Agiles (toma cada incremento de entrega como avance y prototipo) Metodologías tradicionales	Limita a los stakeholders a un diseño.	<ul style="list-style-type: none"> Importante para elicitación de requerimiento confuso. Implementación parcial del sistema. Mejor entendimiento del sistema. (Madigan, 2003) Validación de interpretación ante los requerimientos de software (SWEBOK 2004) Evita gastos en requerimientos erróneos. Uso con otras técnicas. 	<ul style="list-style-type: none"> El uso de prototipos para elicitación. Requerimientos puede llevar bastante tiempo. Llevar a los stakeholders a desarrollar expectativas poco realistas en el desempeño del sistema. El usuario puede concentrarse en las especificaciones de diseño, más que en el requerimiento que las soluciones deben abordar.
Taller de requerimiento	Delimita alcance, descubre, define, dar prioridades y llegar a la conclusión	Metodologías tradicionales		<ul style="list-style-type: none"> Elicita requerimientos detallados en periodo de tiempo corto. Proporciona un medio para la toma de decisiones y entendimiento. Los costos son más bajos. Se proporciona de inmediato la interpretación del moderador de requerimiento a los stakeholders y validada. 	<ul style="list-style-type: none"> La disponibilidad de los stakeholders puede hacer difícil programar el taller de requerimientos. El éxito depende de la pericia del moderador y el conocimiento de los participantes. Involucran muchos participantes, que puede hacer lento el taller.
Encuesta y cuestionario	Elicita datos de personas en un periodo breve. Técnica tradicional	Adaptable a metodologías		<ul style="list-style-type: none"> Eficaces para obtener datos cuantitativos. Uso de preguntas abiertas, los resultados ofrecen ideas y opiniones que no son fáciles de obtener. No requiere de mucho tiempo para que el encuestado responda. Ideal cuando stakeholders no están ubicados en un solo lugar geográfico. Rápido y relativamente económico de administrar. 	<ul style="list-style-type: none"> Algunas preguntas son difíciles de analizar. Conseguir resultados imparciales, se necesitan métodos de muestreo estadísticos. Preguntas omitidas. Puede requerir preguntas de seguimiento. No es adecuada para obtener información sobre comportamientos reales. La tasa de respuesta a menudo es baja para tener significado estadístico.

Elaborado por la autora.

2.2.3.3. *Técnicas de inteligencia artificial*

A continuación, se describen las técnicas que posibilitan la mitigación de errores teniendo una buena elicitación de requerimientos a través de las técnicas de inteligencia artificial, por su capacidad de lidiar con información vaga y la indecisión de los stakeholders.

La inteligencia artificial es la disciplina dentro del campo de la informática encargada del estudio del comportamiento del ser humano para trasladarlo a una máquina (Russell & Norvig, 2004). Las características humanas estudiadas son: el aprendizaje, la adaptación, razonamiento, autocorrección, mejoramiento implícito, percepción modular del mundo.

Se puede deducir que la inteligencia artificial busca a través de máquinas y software, simular o resolver problemas que están asociados a los humanos, que por medio de ésta se puedan realizar tareas de la vida cotidiana o situaciones específicas como el modelado de requerimientos de proyectos de software por medio de estándares de inteligencia artificial.

Las técnicas de la inteligencia artificial hacen referencia a diferentes campos de investigación y de desarrollo de aplicación de la inteligencia artificial, así como en el ámbito de la investigación científica en la intención de crear entornos que hagan uso de dicha inteligencia.

Según la Revista Digital APD (2019), los campos de aplicación de la inteligencia artificial son muchos, y algunos están orientados a satisfacer necesidades muy distintas, destacando algunas de las técnicas más propicias, tal como se describen a continuación:

- *Fuzzy logic o lógica difusa*: Conocida como lógica heurística. Esta técnica incide en lo relativo de un escenario observado como posición diferencial. Es un tipo de lógica que toma dos valores al azar, contextualizados y relacionados entre sí. La lógica difusa pretende crear aproximaciones matemáticas en la resolución de algunos tipos de problemas modelando funciones no lineales. Procura producir resultados de salidas exactos a partir de datos imprecisos de entradas; este término usualmente es útil en sistemas computacionales.

La Zadeh (1965) afirma “Cuando aumenta la complejidad, los enunciados precisos pierden su significado y los enunciados útiles pierden precisión” (p.) Es por ello, que la lógica difusa, es una técnica de inteligencia artificial que imita cómo una persona toma decisiones basada en información de entrada ambigua, imprecisa con términos incompletos. A partir de esto, se puede decir que la lógica difusa reproduce la forma de tomar decisiones de una persona.

- *Data Mining o minería de datos:* Esta técnica consiste en la extracción discriminada de información que se encuentra implícita en los datos manejados. Dicha información, desconocida previamente, se destina a ser utilizada en algún otro proceso. La minería de datos sondea, prepara y explora los datos para poder extraer alguna información que se oculte en ellos.

- *Ingeniería del conocimiento:* Consiste en generar un nuevo conocimiento que no existía previamente. Se hace a partir de la información que se contiene en bases de datos de documentos y mediante el cruce de contenido de los archivos. Es una técnica que se basa en la teoría de “actor-red”, poniendo de manifiesto redes y creando nuevas. También implica el ejercicio de la teoría de la “traducción-traslación”, acercando y poniendo en relación los actores, con el objetivo de producir una traducción en la que llevar los enunciados o modalidades hacia nuevos estadios evolutivos.

- *Sistemas basados en reglas:* Consisten en modelos de representación del conocimiento que se usan de manera amplia. Son apropiados para escenarios en los que el conocimiento que se necesita representar surge de manera natural en una estructura de reglas.

- *Técnicas de Representación de Conocimiento:* Es un sistema que sirve para analizar el modo de pensamiento de manera formal. Se usa un entorno de símbolos para la representación de un dominio de discurso, junto a las funciones que puedan inferir sobre los objetos procesados.

- *Redes semánticas:* Son maneras de representación del conocimiento lingüístico para las que los conceptos y las interrelaciones entre ellos se representan mediante grafos. Son utilizadas para la representación de mapas conceptuales y mentales, entre otras funciones.

- *Procesamiento del lenguaje natural*: Es una disciplina de la rama de la ingeniería para la lingüística computacional. Se utiliza para la formulación e investigación de mecanismos de eficacia informática en cuanto a servicios de comunicación entre las personas o entre ellas y las máquinas usando lenguajes naturales.

Los campos de desarrollo e investigación de la inteligencia artificial sirven para el desarrollo de nuevos mecanismos y aplicaciones que permitan diseñar nuevos métodos de trabajar y comunicar con las máquinas y los entornos informáticos.

2.2.4. Conjuntos difusos

Para efecto de la presente investigación se considera seleccionar entre las técnicas de la IA, la lógica difusa, por ser la técnica que más se adecúa a las condiciones del problema planteado. Tomando en consideración varios factores, destacando entre ellos el uso de conocimiento experto que proporciona la automatización de tareas. Como es el caso de la elicitación de requerimientos, en esta área de aplicación se podría reducir considerablemente la definición de requerimientos errados por la falta de precisión en las necesidades que los stakeholders proporcionan y poder modelar mediante la lógica difusa los resultados obtenidos en la elicitación.

Zadeh (1973), propuso el término de conjunto difuso donde un elemento que forma parte de este con un determinado grado de pertenencia, es expresado mediante el intervalo de $[0,1]$. Los conjuntos difusos permiten formalizar expresiones lingüísticas que contienen un grado de ambigüedad, es decir expresar matemáticamente conceptos como “rápido”, “alto”, “joven”, otros.

Por ejemplo: un automóvil que transita a una velocidad de 60 km/h por las calles de un barrio residencial, se puede decir que va muy rápido, por cuanto la velocidad máxima permitida es de 40 km/h; a diferencia del mismo automóvil que circule por una autopista donde la velocidad máxima sea de 80 km/h, se podría decir, que el automóvil va moderadamente rápido, ya que se encuentra a una velocidad menor al valor máximo permitido, que en el intervalo el grado de total

pertenencia es de 1 y de no pertenencia es de 0, así se podría definir que el Universo del discurso son todos los posibles valores que puede tomar una determinada variable.

2.2.4.1. Funciones de los conjuntos difusos. Las funciones más comunes para definir conjuntos difusos son:

- *Función trapezoidal:* Esta función es adecuada para modelar rangos de valores, está definida por la siguiente expresión:

$$f(x; a, b, c, d) = \left. \begin{array}{ll} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c \leq x \leq d \\ 0 & x \geq d \end{array} \right\} \\ a \leq b \leq c \leq d$$

- *Función triangular:* esta función está definida por un límite inferior a, un límite superior c, y un valor b.

$$f(x; a, b, c) = \left. \begin{array}{ll} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \\ 0 & x \geq c \end{array} \right\} \\ a \leq b \leq c$$

- *Función S:* esta función está dada por $c = d = \max(U)$
- *Función Singleton:* es utilizada en sistemas difusos para definir los conjuntos de las particiones de las variables de salida, puesto que requiere menos memoria para almacenar la base de reglas. Su representación está en $a = b = c = d$

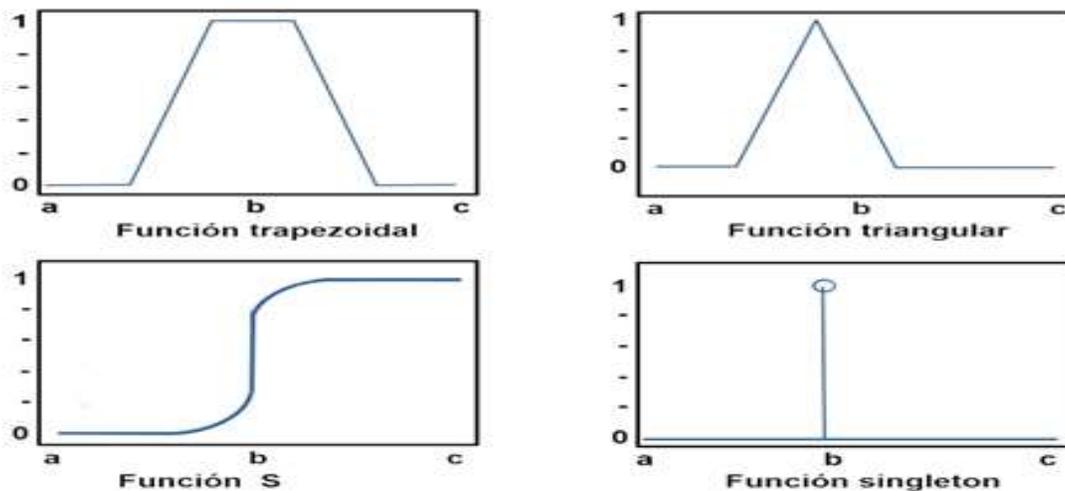


Figura 5. Diagramas de las funciones de pertenencia más habituales. Elaborado por la autora.

2.2.4.2. Variable lingüística.

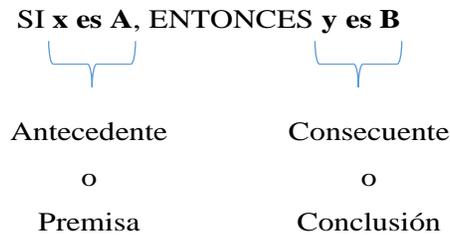
Las variables lingüísticas toman un valor correspondiente a los términos del lenguaje natural, como mucho, poco, alto, bajo, rápido, lento, entre otros. De esta forma en el ejemplo anterior la frase “va muy rápido” es una variable lingüística. Puede tomar valores numéricos como “velocidad = 60 km/h” del ejemplo se puede tomar el universo del discurso U (ejemplo, valores entre 0 y 100 km/h) y asignarle variables lingüísticas a todo el universo como “muy lento”, “bastante lento”, “muy rápido”, “bastante rápido”. En este caso se puede decir que se tienen subconjuntos difusos.

2.2.4.3. Operaciones difusas.

Al igual que la lógica booleana las dos trabajan el razonamiento con proposiciones, la diferencia es que la lógica difusa en sus proposiciones puede tomar valores entre verdadero y falso. En la lógica difusa se definen tres operaciones básicas:

Complemento	→	$\mu_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$
Unión	→	$\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$
Intersección	→	$\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$

Reglas: SI-ENTONCES (IF-THEN), son las afirmaciones condicionales que dan sentido a la lógica borrosa, es decir “SI x es A, ENTONCES y es B” donde A y B son valores lingüísticos en los rangos de X e Y (universo de discurso).



2.2.4.4. Fusificación (*Fuzzyfication*).

Establece una relación entre las entradas no borrosas y sus correspondientes conjuntos difusos, es decir para expresar un número en palabras, se necesita traducir los valores numéricos de entrada en un conjunto difuso de descriptores lingüísticos. Se puede aplicar varias estrategias:

- *Fusificación singleton*: este método es uno de los más utilizados consiste en considerar los propios valores discretos con conjuntos difusos.
- *Fusificación no singleton*: este método trabaja con funciones exponenciales con forma de campana.

2.2.4.5. Defusificación (*Defuzzyfication*).

Este es el proceso opuesto a la fusificación, es decir, convierte los resultados obtenidos por la operación difusa, en un valor real. Para esto se utilizan diversos métodos:

- *Defusificación por máximo*: es uno de los métodos más simples. Se consideran los términos lingüísticos de la variable borrosa de salida que ha resultado de la inferencia y los valores máximos de pertenencia o “valores típicos” de la variable (c_{maxk}) así que $\mu(c_{maxk}) = 1,0$. La contribución de cada regla al valor de salida real y centro de

$$\gamma = \frac{\sum_k c_{maxk} * \alpha_j}{\sum_j \alpha_j}$$

máximo es ponderada mediante la altura α_j de la j -ésima; se representa de la siguiente manera:

- *Defusificación por centro de área o centroide:* es el método más usado, donde se forma un área a partir de los niveles de activación de las diferentes reglas. Las reglas dan como respuesta los términos lingüísticos con un grado de pertenencia para cada uno de los conjuntos difusos.

$$\frac{\int_s y \sum \mu_B(y) dy}{\int_s \mu_B(y) dy}$$

2.2.4.6. Inferencia difusa.

La inferencia difusa es el proceso de mapear las variables de entrada dadas a un espacio de salida a través de mecanismo de deducción basado en lógica difusa que está compuesto por reglas SI-ENTONCES, membresía funciones y operaciones lógicas difusas. Porque la forma de la regla SI-ENTONCES encaja en el razonamiento humano y como se ha mencionado anteriormente la lógica difusa se aproxima a los hábitos lingüísticos de las personas, este proceso de inferencia proyecta valores reales del lenguaje humano y produciendo rápidamente un valor preciso como el resultado es ampliamente adoptado.

Existen varios métodos de inferencia difusa en la literatura, estos se clasifican en métodos directos e indirectos. Los métodos directos son los más utilizados; para efectos de este trabajo se va a trabajar con el Método de Inferencia Difusa de Mamdani.

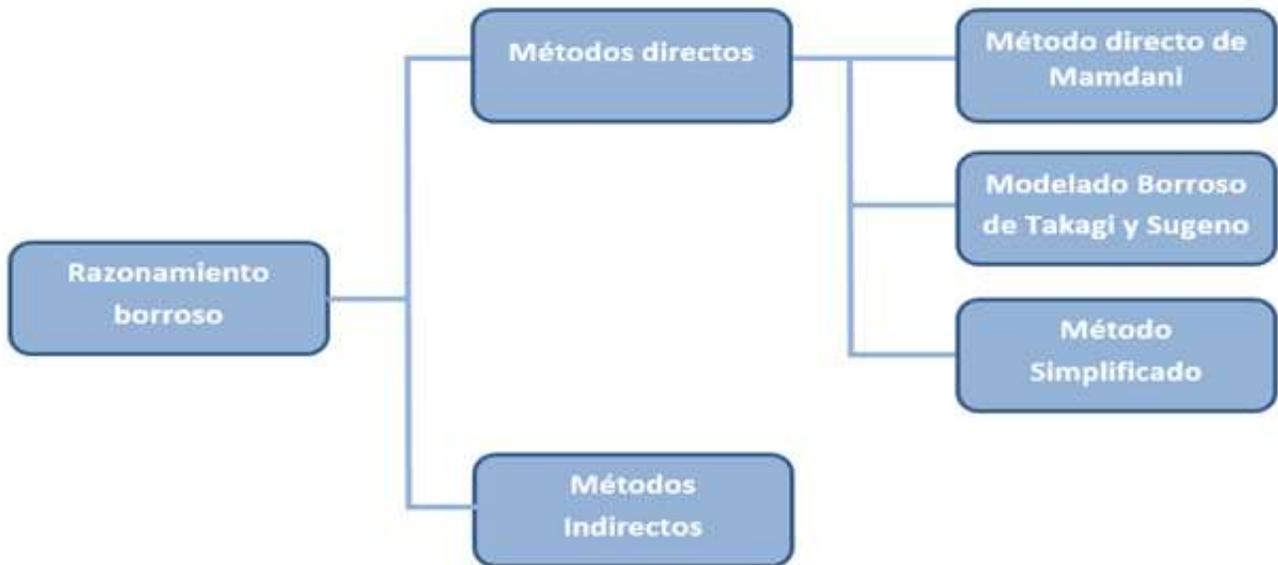


Figura 6. Métodos de inferencia difusa. Elaborado por la autora.

La Inferencia de Mamdani se introdujo por primera vez como un método para crear un sistema de control mediante la síntesis de un conjunto de reglas de control lingüístico obtenida de operadores humanos experimentados (Mamdani & Assilian, 1975). En los Sistemas Mamdani, se obtiene como salida de cada regla un conjunto difuso. Las ventajas al utilizar estos son: (i) tienen reglas más intuitivas y fáciles de entender, (ii) se adaptan a las aplicaciones en los sistemas expertos, (iii) las reglas son creadas a partir del conocimiento de los expertos, (iv) tienen una amplia aceptación. La siguiente figura muestra la estructura básica de un sistema tipo Mamdani.

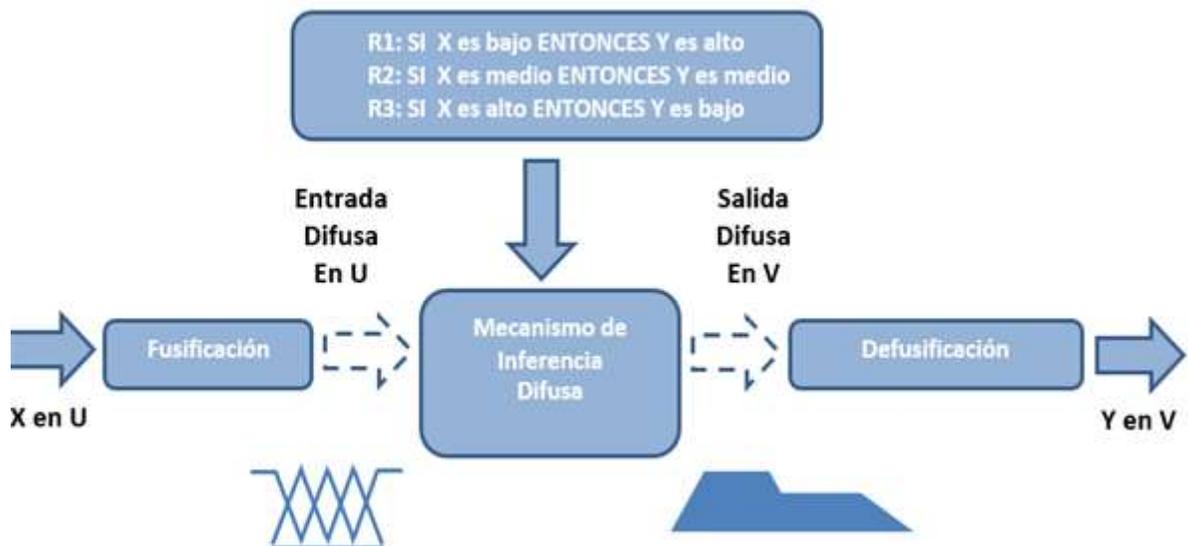


Figura 7. Estructura básica de un sistema Mamdani. Elaborado por la autora.

El proceso de inferencia difusa de tipo Mamdani tiene cinco pasos:

- Paso 1: Fusificación variables de entrada
- Paso 2: Aplique el operador difuso
- Paso 3: Aplicar el método de implicación
- Paso 4: Aplicar el método de agregación
- Paso 5: Defusificación

En la inferencia Mamdani, el consecuente de la regla SI-ENTONCES se define por un conjunto difuso. El conjunto difuso de salida de cada regla será reformado por un número coincidente y la defusificación es necesario después de agregar todos estos conjuntos difusos reformados.

3. CAPÍTULO 3. MODELO DE ELICITACIÓN DE REQUERIMIENTO

3.1. Modelo

En este apartado se presenta la propuesta de un modelo de elicitación de requerimientos por medio de técnicas formales y de inteligencia artificial para proyectos de software del Centro CEDRUM del SENA. Anteriormente se expuso el problema donde se presenta ambigüedad en las necesidades del usuario final o stakeholders, durante la especificación de requerimientos, los usuarios utilizan términos lingüísticos vagos que son propios del lenguaje natural; con el modelo se busca aportar en las definiciones de los requerimientos utilizando los conjuntos difusos como medio de solución en la ambigüedad de las necesidades o preocupaciones de los stakeholders.

El modelo está basado en estándares como el BABOK, el cuerpo de conocimiento de la Ingeniería de Software (SWEBOK, 2014) que han definido actividades de la elicitación de requerimientos y además la combinación de los conjuntos difusos que aportan en la toma de decisiones cuando existe un vacío en la definición de los requerimientos o preocupaciones de los stakeholders.

Son cuatro tareas que identifica el BABOK para el proceso de elicitación, las cuales comprenden: (a) Preparar la elicitación, (b) Realizar la actividad de elicitación, (c) Documentar los resultados de la elicitación y (d) Confirmar los resultados de la elicitación; y por su lado el SWEBOK define dos temas para la elicitación de requisitos: (a) Fuentes de Requisitos y (b) Técnicas de Elicitación. Con base en las actividades el modelo reúne y asocia estas actividades de elicitación definidas por los estándares antes mencionados, como se puede observar en la Figura 8.

Para establecer la relación de la terminología utilizada por el BABOK y el SWEBOK se ha diseñado la tabla 4, donde se puede observar la existencia de fuentes que agrupan o están generales y por esto se repiten en las filas de la tabla, además el BABOK tiene un recurso de entrada que no es contemplado por el SWEBOK.

Tabla 4.

Relación de términos entre el SWEBOK y el BABOK

Fuentes de Requisitos SWEBOK	Entradas BABOK
Meta "objetivo".	Alcance de la solución.
Conocimiento del dominio.	Caso de negocio, necesidad de negocio.
Stakeholders.	Lista, roles y responsabilidades de los stakeholders.
Reglas de negocio.	Activos del proceso de la organización.
Entorno operativo.	Activos del proceso de la organización.
El ambiente organizacional.	Activos del proceso de la organización.
	Plan de administración de los requerimientos.

Fuente: Elaborado por la autora.

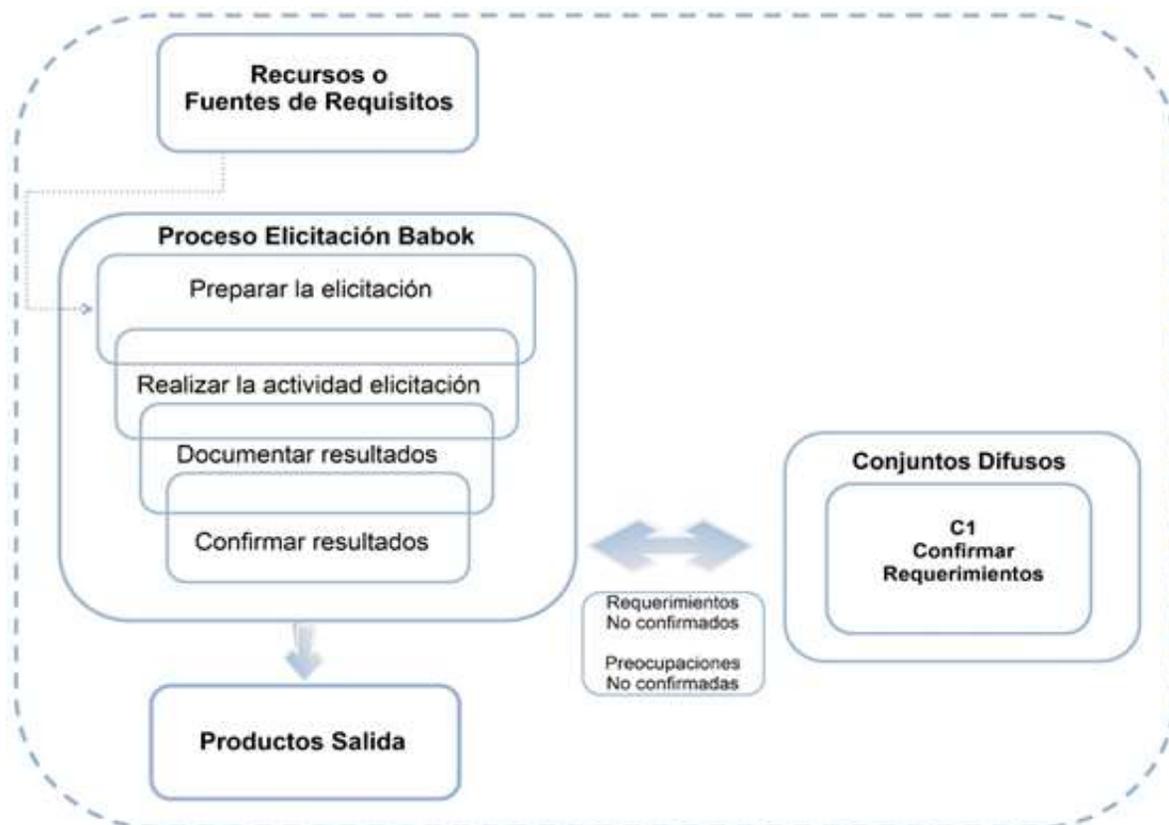


Figura 8. Modelo de Elicitación de requerimientos por medio de técnicas formales y de inteligencia artificial. Fuente: Elaborado por la autora.

El modelo permite realizar el proceso de elicitación de requerimientos utilizando las actividades de elicitación definidas por el BABOK y apoyado con un sistema difuso para confirmar los requerimientos que presentan términos vagos o difusos.

Como se puede observar en la figura 8, la estructura del modelo está dada inicialmente por los insumos necesarios para realizar las actividades definidas que son *los recursos o fuentes de requerimientos*, y luego se definen las actividades del proceso de elicitación de requerimientos las cuales tienen un orden de ejecución definido por el BABOK, de la siguiente manera: (a) preparar la elicitación, (b) realizar las actividades de elicitación, (c) documentar los resultados y (d) confirmar los resultados.

En esta última actividad, de confirmar los resultados se tienen los requerimientos no confirmados, puesto que son los que presentan los términos vagos o difusos y es aquí donde se hace necesario la utilización del sistema difuso, y a partir de los resultados obtenidos se generar los productos de salida.

A continuación, se describen cada uno de los apartados plasmados dentro del modelo diseñado.

3.1.1. Recursos o fuentes de requerimientos

Existen muchas fuentes de requisitos, es importante que se tengan en cuenta a la hora de elicitación de requerimientos ya que ayuda al entendimiento y definición de los requerimientos, estas fuentes son:

- *Alcance de la solución u objetivos*: el ingeniero de requerimientos debe asegurarse de entender los objetivos generales, este insumo permite conocer los límites de la solución.
- *Reglas de negocio o de la organización*: Permite que el ingeniero de requerimientos identifique las restricciones, atributos de los requerimientos del sistema.

- *Stakeholders*: es un punto clave para la obtención de información, una adecuada selección de stakeholders evita generar una solución errónea.
- *Necesidades de negocio*: un insumo importante para que el ingeniero de requerimientos se enfoque en dar una solución adecuada.
- *Ambiente y entorno de la organización*: una solución puede estar condicionada por la estructura, las políticas de la organización, tiempos de ejecución.

3.1.2. Actividades de elicitación de requerimientos

Para el modelo se tomaron las actividades de elicitación definidas por el BABOK, por cuanto dan orientación al proceso de elicitación de requerimientos, las cuales se describen a continuación:

- *Preparar la Elicitación*: para la realización de esta actividad se necesita de los recursos o fuentes de requerimientos. Se debe preparar un cronograma con las actividades específicas para la elicitación, con las fechas y los recursos necesarios. En esta actividad, el ingeniero de requerimientos debe establecer los stakeholders que participaran de a elicitación, además de la selección de las técnicas de elicitación a utilizar.

Diferentes autores han precisado que existen factores que influyen en el proceso de elicitación de requerimientos, como factores de reglas y cultura, orientados al comportamiento humano, también factores de gestión empresarial que dependen de las reglas del negocio, además de la diversidad de los stakeholders o la experiencia del Ingeniero de Requerimientos que lidera la elicitación, entre otros.

Por este motivo se toma la decisión de dejar la actividad de seleccionar la técnica de elicitación a potestad del Ingeniero de Requerimientos quien será el que oriente esta tarea. En la tabla 5 se describen los factores que influyen en todo el proceso de elicitación.

Tabla 5.

Factores influyentes en el proceso de elicitación de requerimientos

Factores	Fuente
Sensibilización en prácticas de Elicitación	Cherotich et al. (2015)
Problemas de comunicación	Cherotich et al. (2015)
Reglas y Cultura	Cherotich et al. (2015), Khan et al. (2014), Davey & Cope (2008)
Razones técnicas y Factores de gestión empresarial	Liao (2013)
Motivación y conocimiento de prácticas de Elicitación.	Cherotich et al. (2015), Khan et al. (2014)
Experiencia en TI, Experiencia en el negocio, Toma de decisiones y Aceptación de los Stakeholders	Coughlan et al. (2013)
Estrategias de organización, disponibilidad de usuarios, compromiso de stakeholders, clima, conocimiento y punto de vista stakeholders	Khan et al. (2014)
Distribución geográfica	Cherotich et al. (2015), Burnay et al. (2013)
Capacidad de intercambio del conocimiento	Dalberg et al. (2006), López et al. (2009)
Capacidad de aprendizaje	Teoría del Aprendizaje Organizacional (Kofman & Senge, 1993)
Capacidad de negociación	Teoría de Crecimiento de la Empresa (Penrose, 1959) Teoría de la argumentación (Cox & Willard, 1982)
Personal estable	Teoría del Comportamiento Organizacional (Pugh, 1977).
Utilidad percibida	Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) (Davis et al., 1989)
Confianza	Teoría del Capital social (Coleman, 1988)
Estrés	Síndrome de la Adaptación General de Selye (Folkman et al., 1986).
Semi-Autonómica	Teoría del Actor-Red (Latour, 2005)

Fuente: Portillo, L. (2019)

- *Realizar la actividad de Elicitación:* Esta actividad es el evento de elicitación donde se aplica la técnica que se selecciona en la actividad anterior. Aquí el ingeniero de requerimientos debe asegurarse de orientar los requerimientos para el alcance de la solución, este es el primer filtro de definición de requerimientos.

- *Documentar Resultados:* en esta actividad se realiza el resumen de los resultados de la elicitación, se genera un documento escrito que contiene los requerimientos declarados por los

stakeholders, también, se contemplan las preocupaciones de los stakeholders como los riesgos, limitaciones, entre otras.

- *Confirmar los resultados:* en esta actividad el ingeniero define los requerimientos y preocupaciones entendidos por él, sobre las intenciones de los stakeholders. Se organiza un segundo encuentro con los stakeholders donde se definen a través de una encuesta los valores asignados a cada requerimiento vago o borroso según las clasificaciones que se le den a cada uno (obligatorio, requerido, potencialmente requerido, no necesario).

Es aquí donde se entra a analizar los requerimientos vagos o borrosos, como se ha mencionado anteriormente, la inteligencia artificial como herramienta para dar solución a las necesidades de los stakeholders con ambigüedad. En la Figura 9, se define el sistema difuso “Confirmación de Requerimientos”, que tiene como documentos bases el listado de requerimientos no confirmados, preocupaciones de los stakeholders no confirmadas y los requerimientos vagos o borrosos.

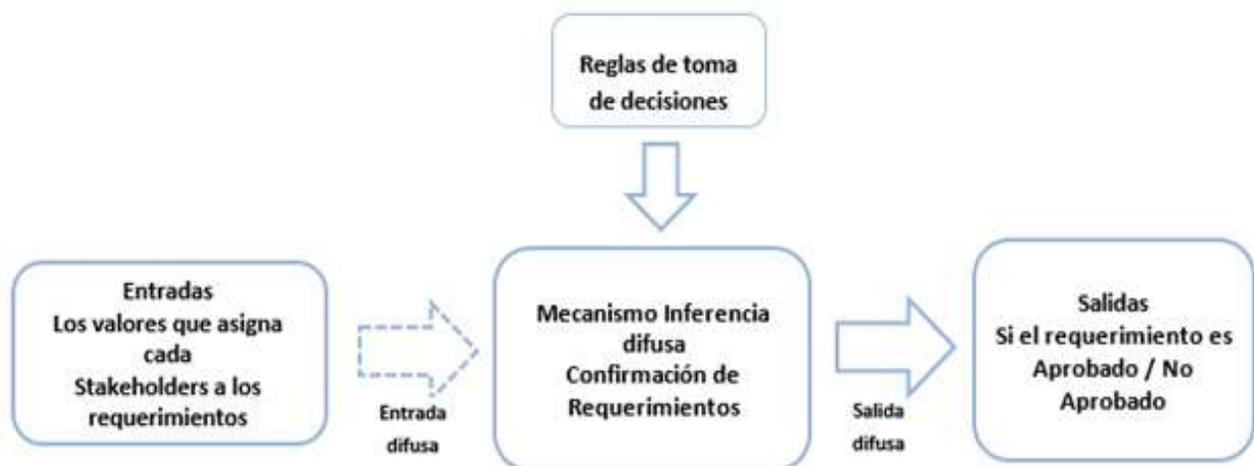


Figura 9. Estructura del sistema difuso confirmación de requerimientos. Elaborado por la autora.

Para esto se utilizó el método de inferencia difusa de Mamdani, el cual se opera en cuatro pasos principales como son: (a) la fusificación, (b) la evaluación de las reglas, (c) agregación de las salidas de las reglas, y (d) la defusificación.

Para la *fusificación* se debe tomar los valores Crisp (valores clásicos o numéricos) que se obtengan a partir de la aplicación de la encuesta a los stakeholders en un segundo encuentro, y estos valores se asignan como entradas al sistema según la clasificación definida en las cuatro categorías para la priorización de requerimientos de acuerdo a la técnica MoSCoW, de la siguiente manera: (a) obligatorio, (b) requerido, (c) potencialmente requerido, (d) no necesario. A cada variable se le asigna un valor numérico y se escogió arbitrariamente una escala de 0 a 10. Los valores numéricos asignados a cada variable para la materialización de los resultados obtenidos por los stakeholders son:

No Necesario = 0

Potencialmente Requerido = 5

Requerido = 7

Obligatorio = 10

Además, la representación de los conjuntos difusos está dada por $y = \{\mu(x) | x\}$ donde $\mu(x)$ denota el grado de pertenencia de x , definiendo x como el universo de la clasificación de requerimientos en la edificación de los conjuntos difusos.

Obligatorio = $\{0 | 7, 1 | 10\}$

Requerido = $\{0 | 5, 1 | 7, 0 | 10\}$

Potencialmente Requerido = $\{0 | 3, 1 | 5, 0 | 7\}$

No Necesario = $\{1 | 0, 0 | 3\}$

Esta representación corresponde al conjunto difuso en la Figura 10, donde la variable lingüística toma un valor de acuerdo a la prioridad de requerimientos, es decir “Obligatorio” es igual a 10 y se asocia el grado de pertenencia de 1 en su punto más alto para el eje de ordenada. Si la prioridad de requerimiento es “Requerido” igual a 7, sus valores para x en el eje de abscisa son 5, 7 y 10. Para la prioridad de requerimientos “Potencialmente Requerido” igual a 5, toma los valores para x en el eje de abscisa de 3, 5 y 7. Y para la prioridad de requerimiento de “No Necesario” igual a 0, los valores para x están dados por 0 y 3.

Este sistema trabaja la función de pertenencia triangular como se observa en la figura 10, por cuanto se adapta fácilmente a la solución, y es una de las funciones más comúnmente utilizadas por su simplicidad matemática y su manejabilidad, aclarando que al definir conceptos difusos el uso de funciones complejas no aporta mayor precisión.

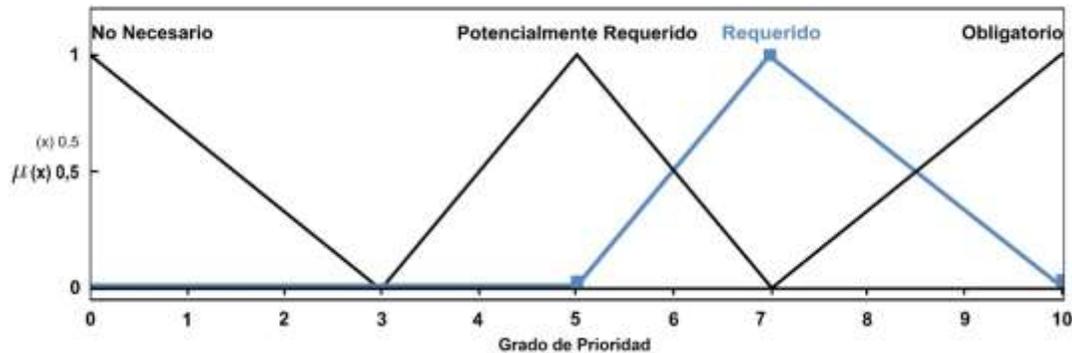


Figura 10. Función de pertenencia. Elaborado por la autora.

Como se mencionó anteriormente en un segundo encuentro con los Stakeholders se aplica una encuesta virtual donde se debe indicar el grado de prioridad para cada requerimiento. Por ejemplo, si al Requerimiento 1 la mayoría de los stakeholders indica que es “obligatorio” a este requerimiento se le dará un valor de 10 según lo establecido en los valores para cada variable lingüística.

Luego los datos de las variables son procesados a partir de las reglas para la toma de decisiones dentro del mecanismo de inferencia; estas reglas las define el experto de acuerdo a su experiencia. Por ejemplo, los requerimientos que obtengan valores de 7 o 10 en las variables lingüísticas tendrán como resultado de salida “Aprobado” o “No aprobado” en caso que los valores sean 0 o 5, definiendo las reglas a continuación:

- *Regla 1:* **SI**, Requerimientos es No necesario **ENTONCES** Requerimiento Aprobado es No Aprobado.
- *Regla 2:* **SI**, Requerimiento es Potencialmente requerido **ENTONCES** Requerimiento Aprobado es No Aprobado.
- *Regla 3:* **SI**, Requerimiento es Requerido **ENTONCES** Requerimiento Aprobado es Aprobado.

- *Regla 4: SI*, Requerimiento es Obligatorio **ENTONCES** Requerimiento Aprobado es Aprobado.

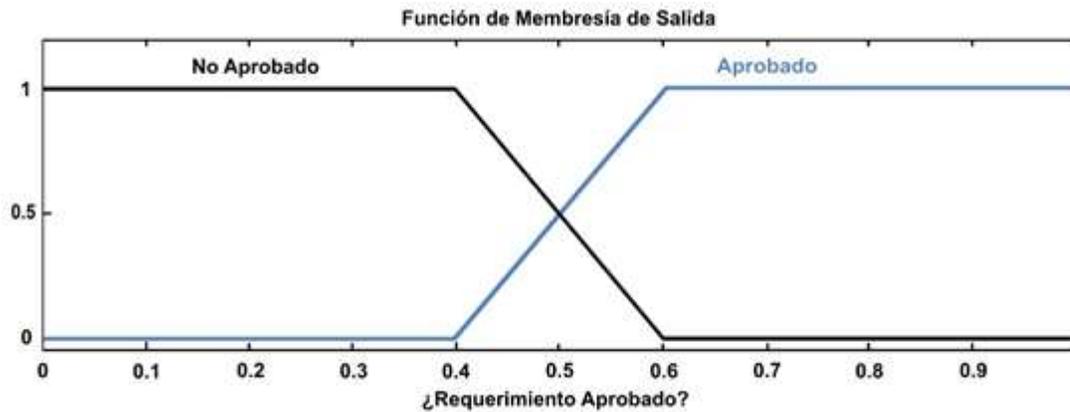


Figura 11. Función de salida. Elaborado por la autora.

Finalmente se obtiene como salida dos posibles valores, si el requerimiento es “Aprobado” o “No aprobado”, como muestra el ejemplo de la Figura 11 se tiene que la curva “No Aprobado” es trapezoidal con el punto máximo de 1 en el eje de ordenada y para el eje de abscisa valores de 0 hasta 0,4 además una parte lineal con una pendiente de -5 entre 0,4 y 0,6 y un valor de ordenada de 0 a partir del punto 0,6 del eje de abscisa; para el caso de “Aprobado” la curva es trapezoidal con altura de 0 en el plano de ordenada desde los puntos 0 hasta 0,4 en el plano de abscisa, con una pendiente lineal de +5 entre los puntos 0,4 y 0,6 en el eje de abscisa y un valor en el punto máximo de 1 para el eje de ordena a partir del punto 0,6 del eje de abscisa. El sistema no realiza defusificación ya que los resultados de salida requeridos para el modelo son valores lingüísticos.

Productos salida: son todos los documentos generados en las actividades de elicitación de requerimientos como: Resultados de elicitación, cronograma de los recursos, preocupaciones de los stakeholders, listado de requerimientos para el análisis.

4. CAPÍTULO 4. VALIDACIÓN CASO DE ESTUDIO

En este capítulo se expone el caso de estudio de un proyecto de software que se desarrolló con los aprendices del Centro CEDRUM del SENA, aplicando el modelo propuesto al proyecto “Sistema de información minero” que tiene como objetivo desarrollar un sistema para el manejo de la información de los clientes y empleados de las minas de carbón del departamento. Este sistema se desarrolló en la formación tecnológica de Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información. Donde se establecieron dos módulos uno para la gestión de empleados y otro para consolidar la información de los clientes, este sistema realiza actividades como registrar los clientes, registrar pedidos de los clientes, consultar empleados, generar reportes de las actividades realizadas por los empleados, entre otras (ver Anexo B).

4.1. Recursos o fuentes de requerimientos.

Inicialmente los aprendices se prepararon con los documentos existentes de las minas que tenían sus procesos definidos, realizando un estudio de la siguiente documentación: estructura general de las minas, (misión, visión, organización, entre otros) también los manuales de procesos y procedimientos (reglas del negocio), se realizó la identificación de las necesidades del negocio con una conversación previa con los dueños del negocio.

Teniendo la etapa de estudios previos de los recursos o fuentes de requerimientos, se empieza a realizar el proceso de elicitación de requerimientos ejecutando las actividades propuestas en el modelo, de acuerdo a la experiencia del ingeniero de requerimientos que se describen a continuación:

Actividad 1. Preparar la elicitación: se realiza el cronograma de actividades como lo recomienda el modelo, definiendo para cada actividad la fecha, los participantes y los recursos necesarios. Esto fue posible en consenso con el ingeniero de requerimientos y los aprendices del Centro, quienes tuvieron como una herramienta de apoyo la Tabla 3 “Descripción de las técnicas

de elicitación”. De este consenso realizado se toma la decisión de trabajar la técnica de entrevista, (ver Anexo A), teniendo en cuenta los siguientes factores que llevaron a esta decisión:

Debido a la ubicación geográfica de las minas, el tiempo y la disposición de los stakeholders, el nivel de escolaridad de los stakeholders.

Tabla 6.

Cronograma de actividades

Actividad	Participantes	Recursos	Fechas
Definición del cronograma y recursos	Aprendices Centro Ingeniero de Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> Recursos o fuentes de requerimientos (estructura general de las minas, también los manuales de procesos y procedimientos, necesidades del negocio) 	12 Feb 2020
Reunión consenso selección de técnica de elicitación	Aprendices Centro Ingeniero de Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> Tabla 3 “Descripción de las técnicas de elicitación” Tabla 5 “Factores influyentes en el proceso de elicitación de requisitos” 	19 Feb 2020
Diseño de la entrevista	Aprendices Centro Ingeniero de Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> Recursos o fuentes de requerimientos (estructura general de las minas, también los manuales de procesos y procedimientos, necesidades del negocio) Papelería 	22 Feb 2020
Realizar la actividad de Elicitación	Stakeholders Aprendices Centro Ingeniero de Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> Caso de negocio, necesidades del negocio, alcance de la solución, material de apoyo. Técnica de elicitación “Entrevista” 	26 Feb 2020
Documentar Resultados	Aprendices Centro Ingeniero de Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> Resultados de la elicitación 	27 Feb 2020
Confirmar Resultados	Aprendices Centro Ingeniero de Requerimientos Stakeholders	<ul style="list-style-type: none"> Requerimientos de declarados, no confirmados. Preocupaciones de los stakeholders, no confirmadas. 	28 Feb 2020
	Aprendices Centro Ingeniero de Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> Sistema difuso “Confirmación de Requerimientos” Resultados de la encuesta 	5 Mar 2020

Elaborado por la autora.

Actividad 2. Realizar la elicitación. En esta actividad se realiza la sesión con los stakeholders para aplicar la entrevista por parte de los aprendices, estas entrevistas se realizaron con cada stakeholders, el ingeniero de requerimientos siempre estuvo presente a fin de evitar que los aprendices al aplicar la entrevista persuadieran a los stakeholders con sus opiniones y también evitar que no se enfocaran los requerimientos al alcance del negocio.

Actividad 3. Documentar resultados. Para esta actividad se tiene como base los resultados de la entrevista, aquí los aprendices de centro y el ingeniero de requerimientos documentan los resultados obtenidos, utilizando una plantilla de identificación de requerimiento definida por ellos, en el cual se listan los requerimientos identificados y los requerimientos no confirmados. (ver Anexo A)

Tabla 7.

Requerimiento RF-4 modificar la información del cliente

Nombre	RF-4. Modificar la información del Cliente
RESUMEN	Se debe modifica la información de un cliente, para actualizar sus datos.
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Número de teléfono • Dirección de residencia • Correo electrónico
RESULTADO	La información es actualizada exitosamente en el sistema.

Elaborado por la autora.

Actividad 4. Confirmar resultados. En esta actividad de confirmar los resultados los aprendices y el ingeniero de requerimientos envían una encuesta virtual a los stakeholders con el objetivo que ellos le den un valor numérico de acuerdo a cada categoría de priorización de los requerimientos como lo indica el modelo. En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada.

Tabla 8.
Resultados de la encuesta stakeholders

Requerimientos	Obligatorio	Requerido	Posiblemente Requerido	No Necesario	Total Encuestados
R1	3	5	2	0	10
R2	6	3	1	0	10
R3	0	1	7	2	10
R4	8	2	1	1	10
R5	0	0	2	8	10
R6	0	1	6	3	10
R7	2	7	1	0	10
R8	0	0	1	9	10
R9	0	0	0	10	10
R10	9	1	0	0	10

Elaborado por la autora.

Una vez obtenidos los resultados de la encuesta aplicada, los aprendices y el ingeniero de requerimientos proceden a ponderar los valores obtenidos por cada requerimiento, tomando la variable con la calificación más alta, una vez organizados proceden a validar con el sistema de inferencia difusa “Confirmación de Requerimientos” para obtener el listado de los requerimientos confirmados. La siguiente Figura 12, muestra la estructura del sistema difuso aplicada al requerimiento R1. Se puede observar que a partir de unas entradas se aplican las reglas y se obtiene la salida si el requerimiento es aprobado / no aprobado.

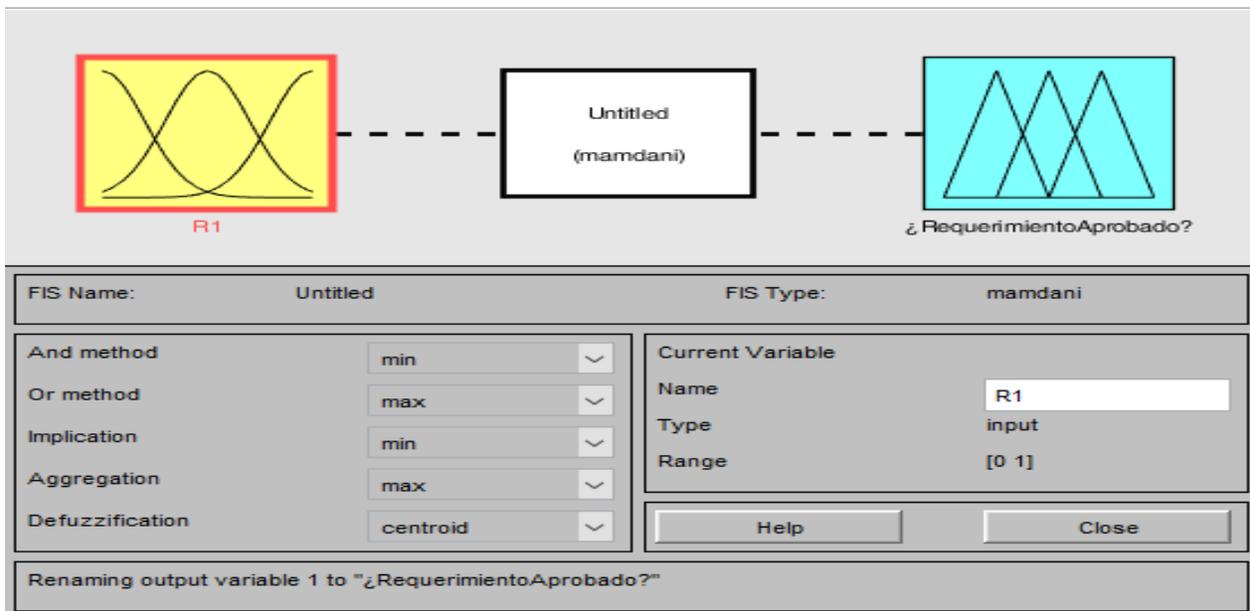


Figura 12. Sistema difuso en Matlab. Elaborado por la autora.

Como se plantea en el modelo se tiene como entradas 4 variables “No Necesario”, “Potencialmente Requerido”, “Requerido” y “Obligatorio”. Se puede observar en la Figura 13 “vista de las variables de entrada”, para el requerimiento R1 se grafica en la variable “No Necesario”.

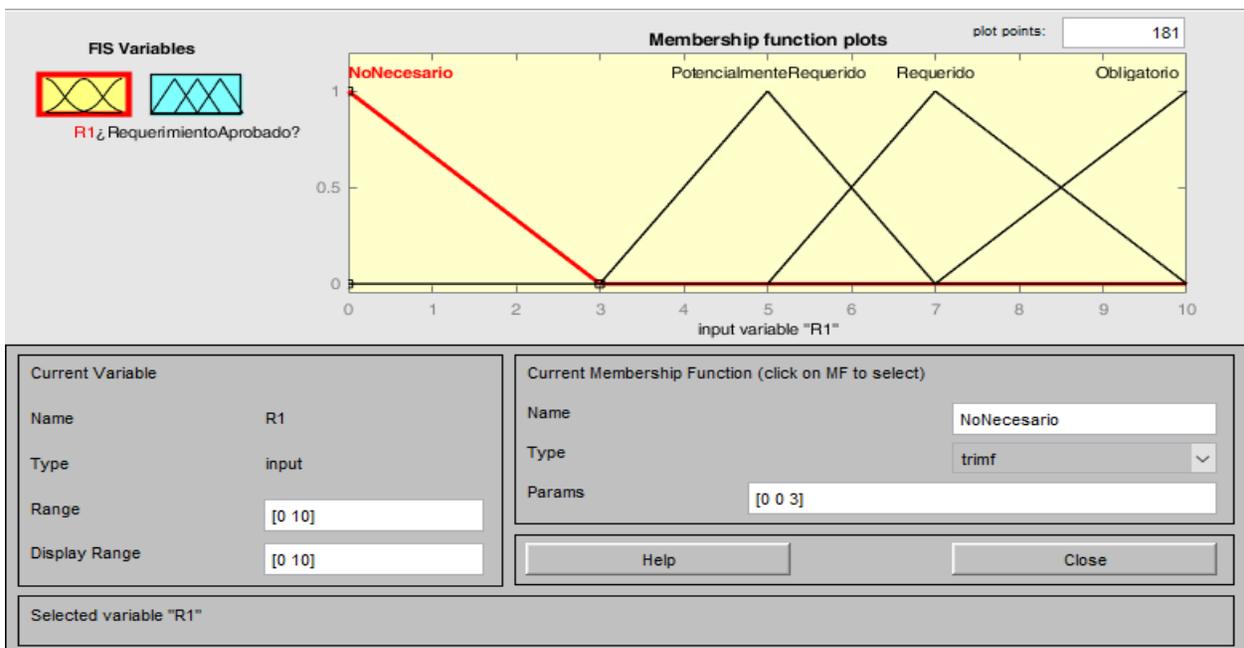


Figura 13. Vista de las variables de entrada. Elaborado por la autora.

En la salida, la Figura 14 muestra las dos opciones que se tendrán “Aprobado”, “No Aprobado”, permitiendo la obtención de los requerimientos del proyecto. Se puede observar que la curva para la salida “No Aprobado” es trapezoidal con altura de 1 en el eje de ordenadas, y en el eje de abscisa es de 0.4, tiene una pendiente lineal de -5 entre 0.4 y 0.6, finaliza con una altura de 0 a partir del punto 0.6. Y la curva para la salida “Aprobado” es trapezoidal con altura de 0 en el eje de ordenadas desde el punto 0 hasta 0.4 en el eje de abscisa; con una pendiente lineal de $+5$ entre 0.4 y 0.6 en el eje de abscisa y con altura en 1 a partir del punto 0.6.

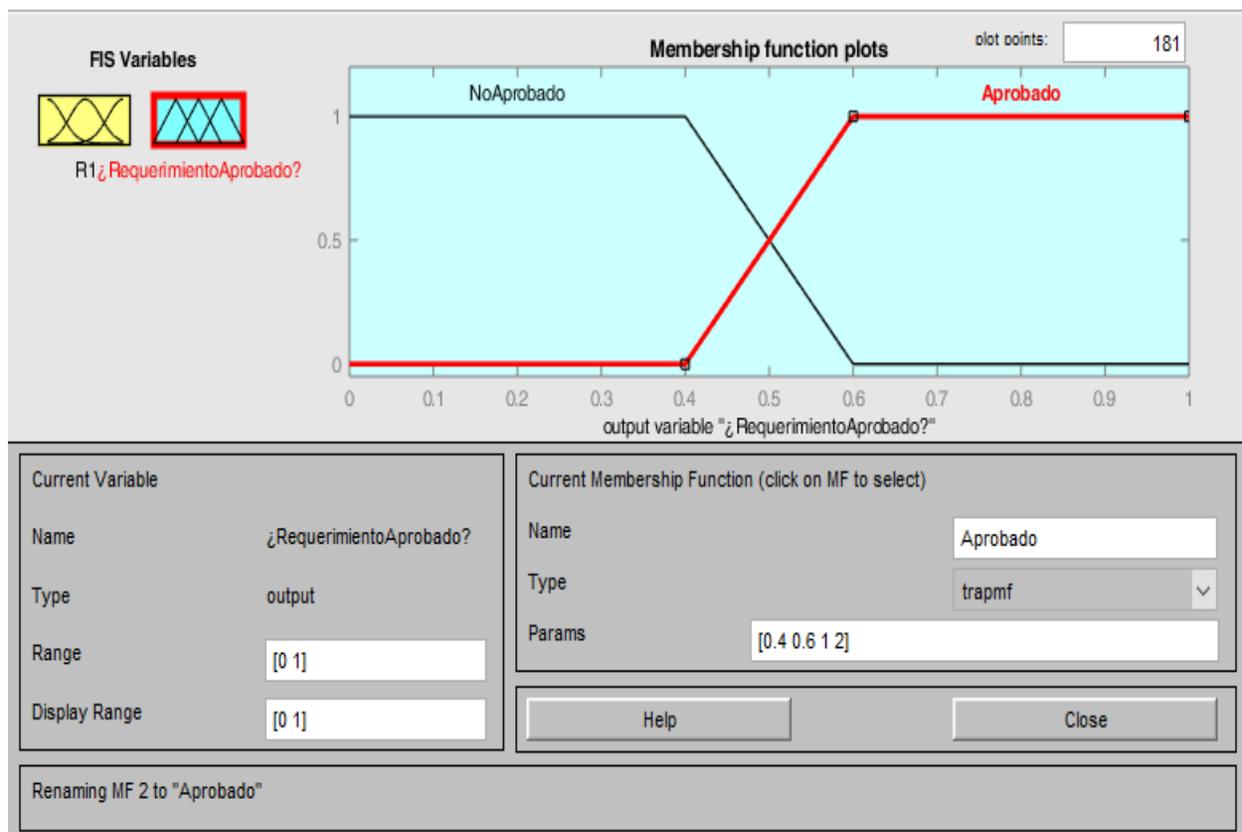


Figura 14. Vista de la salida. Elaborado por la autora.

Las reglas para evaluar las variables para cada requerimiento se describen en la siguiente Tabla 9. Estas reglas se definieron para ponderar la evaluación por parte de los Stakeholders y así el sistema arroje el valor de salida.

Tabla 9.

Reglas del sistema difuso

Nº	Regla del mecanismo de inferencia “Confirmar Requerimientos”
1	SI, R1 es No necesario ENTONCES Requerimiento Aprobado es No Aprobado
2	SI, R1 es Potencialmente requerido ENTONCES Requerimiento Aprobado es No Aprobado
3	SI, R1 es Requerido ENTONCES Requerimiento Aprobado es Aprobado
4	SI, R1 es Obligatorio ENTONCES Requerimiento Aprobado es Aprobado.

Elaborado por la autora.

Para el resultado de salida obtenido, el sistema realiza una ponderación directamente y se concluye que: R1 cuya única variable tiene un valor “potencialmente requerido” se obtiene un valor de salida “No Aprobado”. Como se ilustra en la Figura 15.

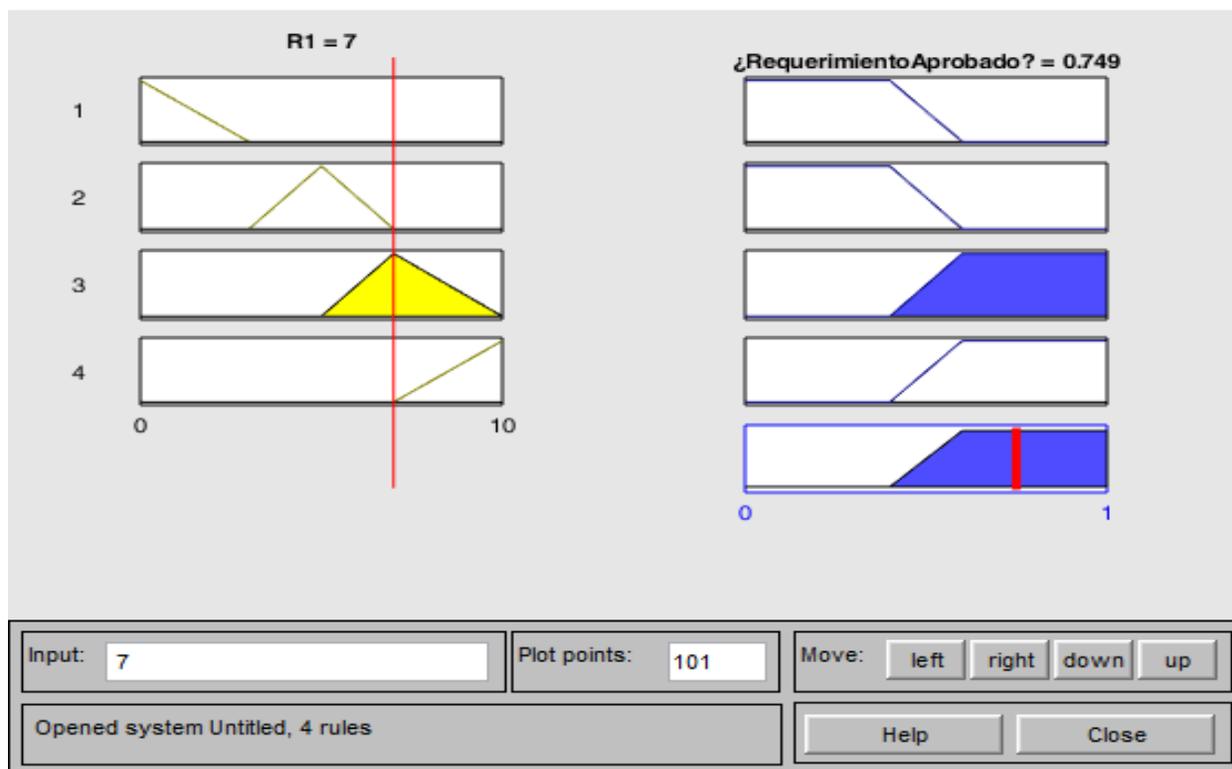


Figura 15. Valores de entrada y salida. Elaborado por la autora.

Para cada Requerimiento se aplicó el sistema difuso (Ver Anexo C) y se obtuvo como resultado el listado de requerimientos “Aprobados”, estos requerimientos se unificaron con los que se habían definido en la actividad de elicitación sin ambigüedades, generando así el listado general de los requerimientos del proyecto.

Tabla 10.

Requerimientos aprobados / no aprobados en el sistema difuso

Nombre	Requerimientos del sistema	Aprobados / No Aprobado
R1	El sistema debe ser rapido en el manejo de la información cuando se consulta a los clientes	Aprobado
R2	El sistema debe realizar el reporte diario de los ingresos de cada empleado	Aprobado
R3	Se debe registrar la informaión de los clientes que solo consultan productos	No Aprobado
R4	El sistema debe generar reportes de los productos vendidos por un rango de fechas	Aprobado
R5	El sistema debe realizar el control de cada empleado eliminado	No Aprobado
R6	El sistema debe realizar el registro de cada consulta realizada a un empleado	No Aprobado
R7	El sistema debe realizar una trazabilidad de las facturas de cada pedido	Aprobado
R8	El sistema debe tener trazabilidad de empleados	No Aprobado
R9	El sistema debe ser confiable	No Aprobado
R10	El sistema debe realizar un seguimiento al stock de materia prima disponible.	Aprobado

Elaborado por la autora.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Al identificar que la mayor parte de los errores que se presentan durante el ciclo de vida de un proyecto de software, están en la fase de elicitación de requerimientos y que en esta fase existe mayor interacción con los Stakeholders, donde se presentan incongruencias en la especificación de las necesidades por parte de los interesados. Es por esto que se ha creado el modelo de elicitación de requerimientos a partir de las técnicas formales y de inteligencia artificial, en el cual se describen una serie de actividades que se deben realizar en el momento de la elicitación de requerimientos, todo esto con la finalidad de realizar la definición de los requerimientos de un proyecto de desarrollo de software.

Por lo expuesto al inicio de la investigación se identificó que los proyectos de software que se realizan en el centro CEDRUM pueden ser pertinentes y generar un impacto, si se identifican los requerimientos adecuados para dar soluciones que satisfagan las necesidades de los Stakeholders. A partir de lo anterior, se realizó una revisión bibliográfica que permitiera determinar las técnicas de elicitación de requerimientos y las técnicas de inteligencia artificial que aportaran en la reducción de errores de la fase de elicitación. De modo que existen diferentes factores que influyen en todo el proceso de elicitación de requerimientos se tomó la decisión de no seleccionar una única técnica de elicitación de la información, sino que se dejara a consideración del experto, ya que es la persona que está directamente relacionada con los Stakeholders y puede decidir por la técnica adecuada a utilizar, por esta razón se planteó un cuadro donde se exponen las ventajas y desventajas de las técnicas de elicitación de requerimientos que puede ser utilizado como herramienta de decisión para la escogencia de la técnica.

Por otro lado, la elección de la técnica de inteligencia artificial fue la lógica difusa, ya que la revisión bibliográfica permitió la identificación de las utilidades y ventajas de esta para dar solución a incertidumbres con términos vagos o difusos.

Aunque para el desarrollo de proyectos de software existen guías de trabajo como el SWEBOOK, el CMMI y otras como el BABOK donde permiten orientar a los ingenieros expertos en la creación de software, estas se encuentran estructuradas con una serie de pasos o etapas que se deben incluir para realizar la elicitación de requerimientos, sin embargo no define el cómo dar solución a la hora que se presente requerimientos vagos o difusos. Por lo tanto el presente modelo fue diseñado como principal fundamento en ser una estructura guía de trabajo que permita profundizar en como esto a través de las actividades y el sistema difuso planteado ayudan a reducir los errores presentados en la fase de elicitación.

Con esta propuesta de modelado de elicitación de requerimientos por medio de técnicas formales y de inteligencia artificial podemos citar:

- La naturaleza diversa de la elicitación de requerimientos de los stakeholders hace que sea difícil formalizar el proceso de elicitación y aún más complicado la interpretación o deducción de las necesidades cuando no se tiene claro lo que se quiere por parte de los stakeholders.
- El modelo tiene un desarrollo por actividades que representan el proceso de elicitación de requerimientos definido por el cuerpo de conocimiento del análisis de negocio, adicionalmente se propuso el diseño de un sistema difuso para dar solución a la incertidumbre causada por los términos vagos, clasificando los requerimientos con esta característica en 4 categorías de prioridad.
- El modelo da como resultado un listado de requerimientos identificados en la primera fase de un proyecto de software que es la elicitación de requerimientos.

El modelo fue validado con un caso de estudio que trabajaron los aprendices de la tecnología de Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información del Centro Cedrum del SENA donde aplicaron el modelo a la fase de elicitación del proyecto de software minero, obteniendo como resultado una mejor definición de los requerimientos del proyecto ya que se eliminó la incertidumbre.

Recomendaciones

Como se planteó, la fase de elicitación de requerimientos es un paso importante para que un proyecto se desarrolle adecuadamente y tenga resultados de éxito, sin embargo aún no se encuentra el proceso refinado para obtener resultados de calidad. Por ello es necesario la implementación del modelo en diversos tipos de proyectos para demostrar la capacidad de dar solución en la incertidumbre y ambigüedad presentada en la elicitación de requerimientos. Además de recomienda las siguientes investigaciones para complementar el modelo:

Se recomienda incluir en el método planteado, los demás procesos de la ingeniería de requerimientos como el análisis, las especificaciones y validación.

Diseñar una evaluación donde se implementen indicadores para analizar el comportamiento de la aplicación del modelo en los proyectos de software

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, A. (2019). La intensidad tecnológica o la innovación en el mundo digital actual. *Revista APD Asociación para el Progreso de la Dirección*, ISSN 1886-1709, N°. 347, 2019:
Recuperado en: dialnet.unirioja.es
- Bohem, B. (1984). *Economía de ingeniería de software*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice – Hall.
- Britos, P., Rossi, B. y García, R. (1999) *Notas sobre didáctica de las etapas de formalización y análisis de resultados de la técnica de emparrillado*. Un Ejemplo. Proceedings del V CIII p. 200-209.
- Business Analysis Body of Knowledge, BABOK 3, 2015. ISBN 9781927584026.
- Carrizo, D. (2004). *Selección de Técnicas de Educación de Requisitos: Una Revisión Conjunta de la Ingeniería de Software y la Ingeniería del Conocimiento*. IV Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento.
- Cepeda-Negrete, J. (2011) *Modelado de Sistemas Difusos de Múltiples Entradas y Salidas*. Trabajo de Grado. Universidad de Guanajuato. México. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/258266071_Modelado_de_Sistemas_Difusos_de_Multiples_Entradas_y_Salidas
- Chiavenato, I. (2017), *Administración*. 8va. Edición. Bogotá: McGraw Hill.
- Christel, M. & Kang, K. “Issues in Requirements Elicitation”. *Technical Report CMU/SEI-92-TR-012, ESC-TR-92-012*. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 1992.
- CMMI Capability Maturity Model Integration Development
- Corral, A. y Carrillo, J. (2014). “*Desarrollo de un Sistema experto para la especificación de requerimientos*” Recuperado en: repositorio.espe.edu.ec
- Gramajo, M., Ballejos, L. y Ale, M. (2018). Análisis de las técnicas de aprendizaje automático aplicadas en la ingeniería de requerimientos de software: Un mapeo sistemático de la literatura. Centro de investigación y desarrollo de ingeniería en sistemas de información CIDISI. Argentina. Recuperado en: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/pdf>
- Green, S. (2003). *Eliciting Stakeholders s’ Knowledge of Goals and Processes to derive IT Support*. The University of the West of England. 2003
- Guide to the Software Engineering Body of Knowledge 2004 Versión SWEBOK IEEE – 2004 Version V3. Recuperado de: <http://www.computer.org/web/swebok/v3>.

- Hadad, G. (2011). *Ingeniería de Software V Ingeniería de requerimientos*. Notas de Clase Panorama de la Ingeniería de Requisitos: sus fundamentos y avances. Recuperado de: <http://repositorio.ub.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3056/384>
- Hernández, S., Fernández, C. y Baptista P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Bogotá, Colombia: MC Graw Hill.
- Herrera, L. (2003). *Ingeniería de requerimientos, ingeniería de software*. Recuperado en: <http://www.monografias.com/trabajos6/resof/resof.shtml>.
- Hickey, A., & A. Davis, “*The Role of Requirements Elicitation Techniques in Achieving Software Quality*” Requirements Eng. Workshop: Foundations for Software Quality (REFSQ), 2002
- IEEE computer Society. (1990). Estándar 610.12-1990. Recuperado de: <http://dis.unal.edu.co/~icasta/ggs/Documentos/Normas/610-12-1990.pdf>
- Madigan, M. (2003). Requirements Elicitation. Repuperado en: <http://ecewww.colorado.edu>
- Manies, M., & Nikual, U. (2011). La elicitación de requisitos en el contexto de un proyecto software. *Revista Ingenierías USBMed*, 2(2), 25–29. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3815046>
- Mamdani, E. & Assilian, S. (1975) "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller," *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 7, No. 1, pp. 1-13, 1975.
- Medina, N., Pytel, P. y Pollo, M. (2015). *Propuesta de metodología para automatización del proceso de elicitación de requisitos*. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915>
- Merchán, L., Urrea, A., & Rebollar, R. (2015). Definición de una metodología ágil de ingeniería de requerimientos para empresas emergentes de desarrollo de software del sur-occidente colombiano. *Revista Guillermo de Ockham*, 6(1).
- Nuseibeh, B. and Easterbrook, S. (2000). “*Requirements Engineering: A Roadmap*,” in ICSE '00 Proceedings of the Conference on The Future of Software Engineering, Limerick, Ireland, 2000, pp. 35 – 46
- Oliveros, A. y Antonelli, L. (2017). *Técnicas de elicitación de requerimientos*. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/50349>
- Paetsch, F., Eberlein, A., Maurer, F., “*Requirements Engineering and Agile Software Development*”, Proceedings of the Twelfth International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 2003
- Pressman, R. (2006). *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico*”. 7ª ed. México: McGraw Hill.

- Project Management Institute (2017). *Nueva versión del estándar para la gestión de proyectos*. Pennsylvania, EEUU: Project Management Institute, Inc.
- Pytel, P., Uhalde, C., Ramón, H., Castello, H., Tomasello, M., Pollo, M., ..., García, R. (2011). Ingeniería de requisitos basada en técnicas de ingeniería del conocimiento. RedUNCI. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/20070>
- Ramírez, J. (2013) “Apropiación de técnicas de elicitación de conocimiento y de comunicación personalizadas para potenciar el proceso de Ingeniería de Requisitos”, Universidad EAFIT
- Rivadeneira, S., Vilanova, G., Miranda, M, y Cruz, C. (2013). *El Modelado en las metodologías ágiles*. Recuperado en: www.researchgate.net/publication/236618940
- Rodríguez, R. y Goncalves, M. (2011). “Implementación de requisitos en sistemas orientados a datos con lenguaje OCL y lógica difusa”. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, ISSN 1690-7515, p. 31-54 Recuperado en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet>
- Ruiz, G., Peña, A., Castro, C. Alaguna, A., Areiza, L. y Rincón, R. (2006). “*Modelo de evaluación de calidad de software basado en Lógica Difusa, aplicada a métricas de usabilidad de acuerdo con la norma ISO/IEC 9126*” Universidad Buenaventura. Medellín.
- Russell, S. & Norving, P. (2004). *Inteligencia artificial: un enfoque moderno*. Madrid: Pearson Educación.
- Sánchez, K., Osollo, J. & Fernández, L. (2010). *Pertinencia de la formalización de dominios semiformalmente definidos en el análisis inteligente de datos*. CULCyT, 0(41). Recuperado de <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/279/263>
- Serna, E., Bachiller, O. y Serna, A. (2017). Gestión del conocimiento transdisciplinar en la elicitación de requisitos. *Revista Actas de Ingeniería*. Vol. 3, pp398-407, 2017. Recuperado en: <http://fundacioniai.org/actas/Actas3/Actas3.45.pdf>
- Sommerville, I. (2015). *Ingeniería del Software*. 9na. edición. Madrid: Pearson Educación S.A
- Thayer, R. & Dorfman, M.; “*Introduction to Tutorial Software Requirements Engineering*” in *Software Requirements Engineering*, IEEE-CS Press, Second Edition, 1997, p.p. 1-2.
- Tuffley, A. (2005). *Requirements Elicitation & Management*. 2005. CIT3190 IT Project Course.
- Vahos, L., Pastor, D. y Jiménez, J. (2013). “Método para la formación de stakeholder en proyectos de ingeniería usando la metodología PMI y técnicas de inteligencia artificial. *Revista de Ingeniería*. Universidad de Medellín. Recuperado en <https://repository.udem.edu.co>
- Whitten, J. y Bentley, L. (2008). *Análisis de sistemas: diseño y métodos*. México: McGraw-Hill Interamericana.

Zadeh, L. (1965). *Fuzzy set. Information and Control*, 8:338–353, 1965

Zadeh, L. (1973). *Outline of a new approach to the analysis of complex system*. IEEE Transaction on System Man and Cybernetics, 1:28– 44, 1973.

Zapata, C. y Carmona, N. (2009). *Un método de diálogo para la educación de requisitos de software*. Recuperado en: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v77n164/a21v77n164.pdf>

Zapata, C., Giraldo, G. y Mesa, J. (2010). Una propuesta de metaontología para la educación de requisitos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 18(1), 26–37. <http://doi.org/10.4067/S0718-33052010000100004>

ANEXOS

ANEXO A.

MODELO DE ENTREVISTA

	<p>LÍNEA TECNOLÓGICA DEL PROGRAMA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES GESTIÓN DE LA RED TECNOLÓGICA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE</p> <p>PROGRAMA: ANÁLISIS Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN ACTIVIDAD DE DISEÑO DE SOFTWARE ENCUESTA DE ELICITACIÓN DE REQUERIMIENTOS</p>
---	--

OBJETIVO DE LA ENCUESTA:

Obtener información para identificar los requerimientos del proyecto de desarrollo de software minero, de acuerdo a las necesidades del negocio.

PREGUNTAS PROPUESTAS PARA EL CMR

1. ¿Qué tipo de clientes maneja la Empresa?
 - a) Personas Naturales
 - b) Empresas
 - c) Otras
 Cuales:

2. ¿Cuál es la fuente de donde se consiguen los posibles clientes?
 - a) Publicidad
 - b) Llamada fría
 - c) Referido por los empleados
 - d) Referidos externos
 - e) Tienda online
 - f) Socios
 - g) Relaciones publicas
 - h) Correos publicitarios
 - i) Socios seminaristas
 - j) Publicidad televisión
 - k) Publicidad radio
 - l) Chat
 - m) Web
 - n) Otros
 Cuales:

3. ¿Qué sector de clientes manejan?
 - a) Empresas de construcción
 - b) Persona natural (albañil)
 - c) Tiendas de acabados
 - d) Otros
 Cuales:

4. ¿Cuántas personas van a manejar este sistema?
5. ¿Qué roles tienen las personas que van a manejar este sistema?
6. ¿Qué tipos de servicios presta esta empresa a sus clientes?

	<p>LÍNEA TECNOLÓGICA DEL PROGRAMA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES GESTIÓN DE LA RED TECNOLÓGICA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE</p> <p>PROGRAMA: ANÁLISIS Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN ACTIVIDAD: DISEÑO DE SOFTWARE ENCUESTA DE EDUCACIÓN DE REQUERIMIENTOS</p>
---	---

PREGUNTAS PROPUESTAS PARA LA EXTRACCIÓN

1. ¿Cuál es la forma de pago de los empleados?
2. ¿Qué datos guarda la empresa de cada empleado?
3. ¿Qué tipos de jornadas laboran los empleados de la empresa de este sector? Los horarios son:
4. ¿Qué tipos de materiales se extraen en la empresa?
5. ¿Cuánto se extrae de cada material?
6. ¿Cuál es el proceso de extracción?
7. ¿Cómo es el proceso de pago para cada empleado que extrae los diferentes tipos de materiales?
8. ¿De cuánto es la meta que debe extraer cada empleado?
9. ¿Cuánto tiempo le toma a cada empleado para extraer el material?
 - a) Diario
 - b) Semanal
 - c) Mensual
 - d) Otro
 Cual:
10. ¿Qué tipo de control se realiza actualmente sobre la extracción de los productos?

PREGUNTAS PROPUESTAS PARA LA PRODUCCIÓN

1. ¿Cuáles productos realiza la empresa?
2. ¿Cuál es el proceso de producción que se lleva a cabo sobre cada producto?
3. ¿Cuántos empleados se requieren para realizar cada proceso?
4. ¿Cuánto tiempo labora cada empleado por cada proceso?
5. ¿Cuál es la forma de pago para cada empleado que realiza un proceso?
6. ¿La empresa lleva contabilidad de los productos defectuosos?
 - a) Si
 - b) No
 Cual:
7. ¿Cuáles son los horarios de producción que tiene establecida la empresa?
8. ¿Cómo se lleva el control de la producción de la empresa actualmente?

	<p>LÍNEA TECNOLÓGICA DEL PROGRAMA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES GESTIÓN DE LA RED TECNOLÓGICA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE</p> <p>PROGRAMA: ANÁLISIS Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN ACTIVIDAD DE DISEÑO DE SOFTWARE ENCUESTA DE ELICITACIÓN DE REQUERIMIENTOS</p>
---	--

PREGUNTAS PROPUESTAS PARA LA DISTRIBUCION

1. ¿Cómo se realiza el proceso de la entrega de los productos de la empresa?
2. ¿En cuántos lugares la Empresa distribuye sus productos? ¿Cuántos por cada lugar?
3. ¿Cuánto tiempo se tarda la empresa para distribuir un producto a un solo cliente según el lugar?
4. ¿Cuántos empleados realizan la labor de distribución?
5. ¿Cuánto tiempo se toma un empleado en distribuir un producto?
6. ¿Cuál es el proceso de pago para los empleados empleado por una entrega del producto?
7. ¿Cuántos tipos de vehículos tiene a disposición la empresa para realizar la entrega de los productos? ¿Cuáles son?
8. ¿La empresa además de los vehículos que tiene, contrata otros?
 ¿Cuántos y que control lleva de ellos?

ANEXO B.

REQUERIMIENTOS

	<p>LÍNEA TECNOLÓGICA DEL PROGRAMA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES GESTIÓN DE LA RED TECNOLÓGICA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE</p> <p>PROGRAMA: ANÁLISIS Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN ACTIVIDAD DE DISEÑO DE SOFTWARE ENCUESTA DE ELUCIDACIÓN DE REQUERIMIENTOS</p>
---	---

REQUERIMIENTOS

NOMBRE	RF-1. Registrar un cliente
RESUMEN	Realizar el registro del cliente en el sistema de información.
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre del cliente • Número del N.I. • Correo electrónico • Página web • Teléfono • Dirección • Ciudad • Departamento
RESULTADO	La información del cliente se registra exitosamente.

NOMBRE	RF-2. Consultar la Información del Cliente
RESUMEN	Se realiza la búsqueda de la información del cliente según un criterio.
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Numero de Cedula • Número del N.I.
RESULTADO	La consulta se realiza exitosamente mostrando la información requerida.

NOMBRE	RF-3. Eliminar la Información del Cliente
RESUMEN	Se elimina la información en el sistema de un cliente
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Numero de Cedula • Número del N.I.
RESULTADO	Se actualiza la base de datos de los clientes.

NOMBRE	RF-4. Modificar la Información del Cliente
RESUMEN	Se debe modifica la información de un cliente, para actualizar sus datos.
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Número de teléfono • Dirección de residencia • Correo electrónico
RESULTADO	La información es actualizada exitosamente en el sistema.

 <p>SENA Servicio Nacional de Aprendizaje</p>	LÍNEA TECNOLÓGICA DEL PROGRAMA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES GESTIÓN DE LA RED TECNOLÓGICA
	TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE
	PROGRAMA: ANÁLISIS Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN
	ACTIVIDAD DE DISEÑO DE SOFTWARE ENCUESTA DE ELICITACIÓN DE REQUERIMIENTOS

NOMBRE	RF-5. Generar reporte de los clientes registrados en el sistema
RESUMEN	El sistema debe generar el reporte de los clientes registrados.
ENTRADA	
RESULTADO	El listado de los clientes registrados en el sistema

NOMBRE	RF-6. Recibir solicitud de productos del cliente
RESUMEN	Se recibe la solicitud del cliente sobre los productos de interés
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de producto • cantidad de productos solicitados • nombre del cliente • fecha de solicitud
RESULTADO	Se genera un registro de solicitud con la información de los productos y del cliente

NOMBRE	RF-7. Registrar un Empleado
RESUMEN	El sistema debe registrar la información del empleado en la base de datos.
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre • Cedula • Dirección • Teléfono • Correo electrónico • Área donde pertenece • Procesos que realiza • Horario laboral
RESULTADO	El registro de la información en la base de datos se realiza exitosamente.

NOMBRE	RF-8. Registrar por tipo de Operación de un Empleado (producción, extracción, distribución)
RESUMEN	Se registra la cantidad de operación realizada en el día por cada empleado.
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Numero de Cedula • Tipo de operación • Cantidad • Fecha
RESULTADO	El registro de la información en la base de datos se realiza exitosamente.

	LÍNEA TECNOLÓGICA DEL PROGRAMA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES GESTIÓN DE LA RED TECNOLÓGICA
	TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE
	PROGRAMA: ANÁLISIS Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN
	ACTIVIDAD DE DISEÑO DE SOFTWARE ENCUESTA DE ELICITACIÓN DE REQUERIMIENTOS

NOMBRE	RF- 9. Eliminar Información un Empleado
RESUMEN	Se elimina la información de un empleado.
ENTRADA	
RESULTADO	Se actualiza la información de la base de datos

NOMBRE	RF- 10. Consultar Información un Empleado
RESUMEN	Se consulta la información que tiene un empleado.
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Id
RESULTADO	Se visualiza la información registrada en la base de datos.

NOMBRE	RF- 11. Modificar Información de un Empleado.
RESUMEN	Se busca al empleado para modificar información sobre este.
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Id • Teléfono • Dirección • Correo electrónico • Área donde pertenece • Procesos que realiza • Horario laboral
RESULTADO	Se realiza la actualización de la información en a base de datos.

NOMBRE	RF-12. Reporte de las actividades realizadas por cada empleado.
RESUMEN	Se genera un listado de los empleados registrados con sus actividades realizadas de acuerdo a una fecha de registro
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Fecha • Tipo de reporte
RESULTADO	Se genera un reporte de los empleados con las actividades realizadas en la fecha ingresada.

NOMBRE	RF-13. Generar un reporte con la información de la producción por día.
RESUMEN	Consultar la información de la producción diaria
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Fecha de consulta
RESULTADO	El reporte se genera exitosamente

	LÍNEA TECNOLÓGICA DEL PROGRAMA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES GESTIÓN DE LA RED TECNOLÓGICA
	TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE
	PROGRAMA: ANÁLISIS Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN
	ACTIVIDAD DE DISEÑO DE SOFTWARE ENCUESTA DE ELICITACIÓN DE REQUERIMIENTOS

NOMBRE	RF-14. Modificar cantidad material extraído en el día por un empleado.
RESUMEN	Se realizan modificaciones en un tipo de material extraído.
ENTRADA	Id empleado Cantidad de material Fecha Tipo material
RESULTADO	Se actualiza la información de la base de datos.

NOMBRE	RF-15. Reporte de productos distribuidos por cada cliente en una fecha determinada
RESUMEN	Realizar el reporte de cada producto distribuido por cliente
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Id del Cliente
RESULTADO	El reporte se genera mostrando la información

NOMBRE	RF-16. Modificar la cantidad de productos que se distribuye la empresa por cliente
RESUMEN	Se genera lista de la cantidad de los productos que se distribuyen por cliente
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Id del Cliente (Cédula o NIT)
RESULTADO	Se realizó la modificación correctamente

NOMBRE	RF-17. Generar listado la cantidad de productos que se distribuye la empresa por cliente
RESUMEN	Se genera lista de la cantidad de los productos que se distribuyen por cliente
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Id del Cliente (Cédula o NIT)
RESULTADO	Se generó listado correctamente

NOMBRE	RF-18. Registrar el pedido en la factura
RESUMEN	Se registra la factura asociada al pedido que realiza un cliente
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Fecha Realizo Pedido • Fecha Entrega Pedido • Tipo de Material que solicito (ladrillo, bloque, tableta, pisos, alfa, corbatines) • Cantidad • Datos del cliente(Se ingresan todos los datos del cliente)

	<p>LÍNEA TECNOLÓGICA DEL PROGRAMA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES GESTIÓN DE LA RED TECNOLÓGICA TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, DISEÑO Y DESARROLLO DE SOFTWARE</p> <p>PROGRAMA: ANÁLISIS Y DESARROLLO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN ACTIVIDAD DE DISEÑO DE SOFTWARE ENCUESTA DE ELICITACIÓN DE REQUERIMIENTOS</p>
---	--

RESULTADO	Se realiza el registro en la base de datos correctamente.
------------------	---

NOMBRE	RF-19. Consultar las facturas de acuerdo a una fecha
RESUMEN	Se realiza la búsqueda de las facturas en la base de datos de acuerdo a una fecha.
ENTRADA	<ul style="list-style-type: none"> • Fecha de Factura
RESULTADO	Se visualiza la información de la factura

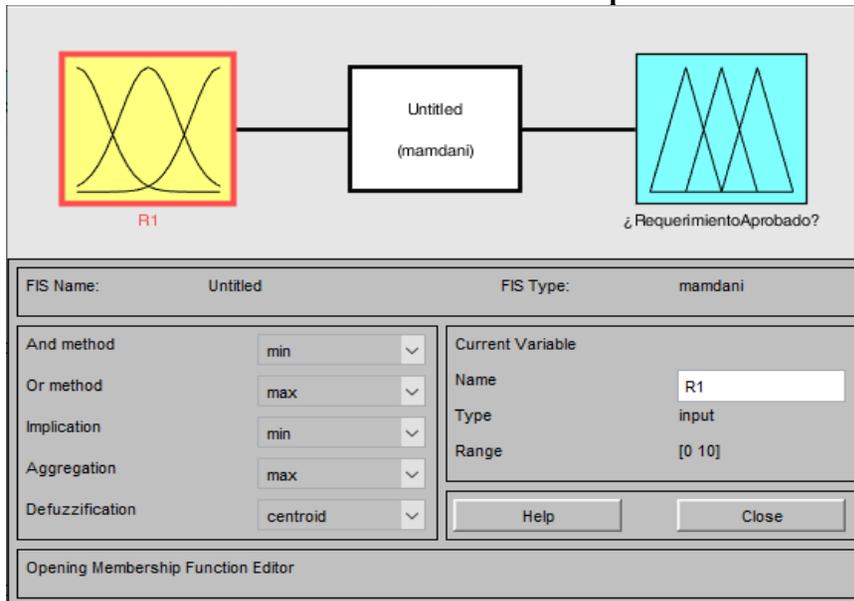
ANEXO C

SISTEMA DIFUSO CONFIRMAR REQUERIMIENTOS

En este documento se decidió agregar cada una de las pantallas según el proceso del sistema difuso, con los resultados de cada requerimiento.

La estructura del documento esta dada por describir cada una de las imágenes para los requerimientos evaluados.

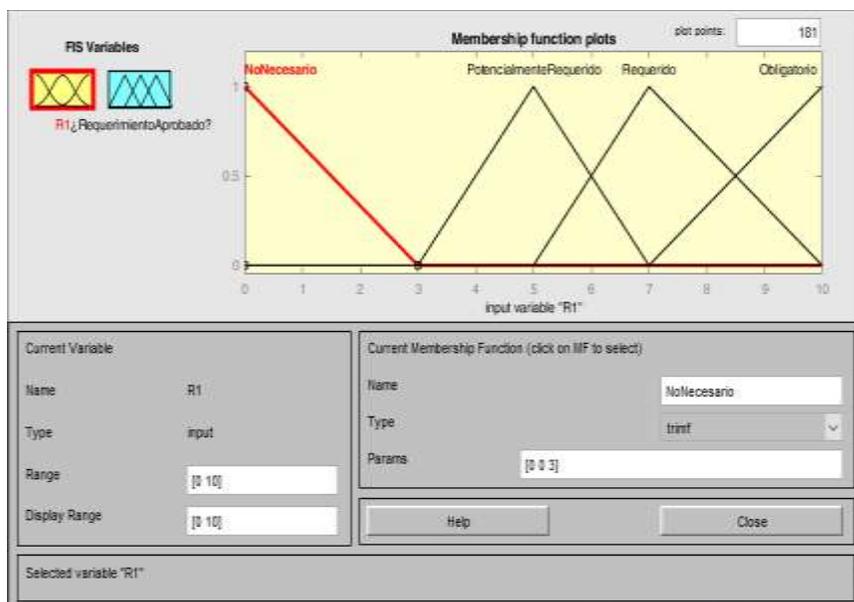
Interfaces Sistema Difuso “Confirmar Requerimientos”



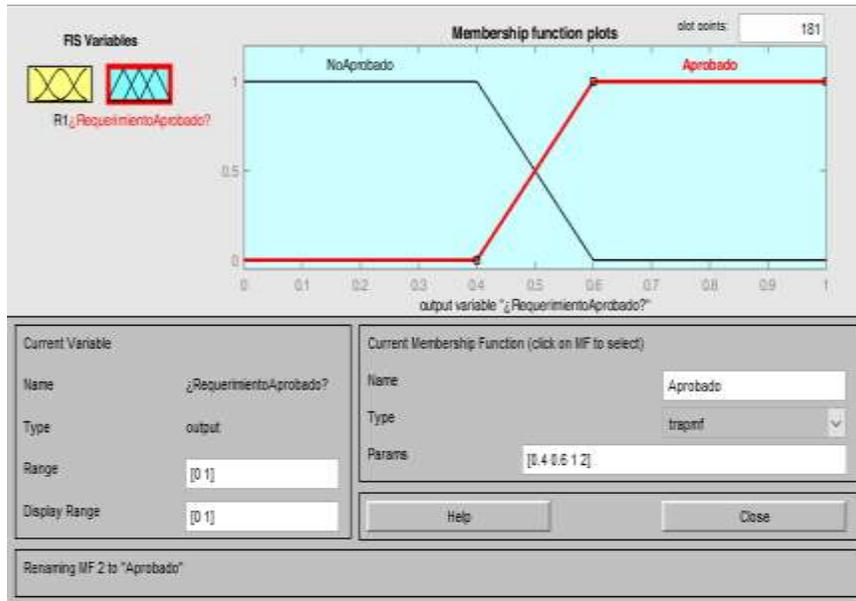
Descripción

Interfaz del sistema difuso, donde se puede observar la estructura del sistema, recibe una entrada se procesa con el método de inferencia difusa de Mamdani y se obtiene una salida que da respuesta si el requerimiento es aprobado o no aprobado.

Esto se aplica a cada requerimiento.



Para las entradas al sistema se tiene 4 posibles variables lingüísticas “No Necesario”, “Potencialmente Requerido”, “Requerido” y “Obligatorio” con valores de 0, 5, 7 y 10 respectivamente.



Como salida de obtiene una respuesta a la interrogante Requerimiento Aprobado con posibles valores de “Aprobado” o “No Aprobado” según sea el caso.

The screenshot shows a rule editor window with a list of four rules. Rule 4 is highlighted: "4. If (R1 is Obligatorio) then (¿RequerimientoAprobado? is Aprobado) (1)". Below the list, the editor shows the configuration for the selected rule. The 'If' part is 'R1 is Obligatorio' and the 'Then' part is '¿RequerimientoAprobado? is Aprobado'. The weight is set to 1. There are buttons for 'Delete rule', 'Add rule', and 'Change rule'. A status bar at the bottom says 'The rule is changed'.

Las reglas trabajadas estan dadas por SI-ENTONCES se definen de la siguiente manera:

1. **SI** R1 es *No Necesario*
ENTONCES RequerimientosAprobado es No Aprobado.
2. **SI** R1 es *Potencialmente* Requerido **ENTONCES** RequerimientosAprobado es No Aprobado.
3. **SI** R1 es *Requerido*
ENTONCES RequerimientosAprobado es Aprobado.
4. **SI** R1 es *Obligatorio*
ENTONCES RequerimientosAprobado es Aprobado.

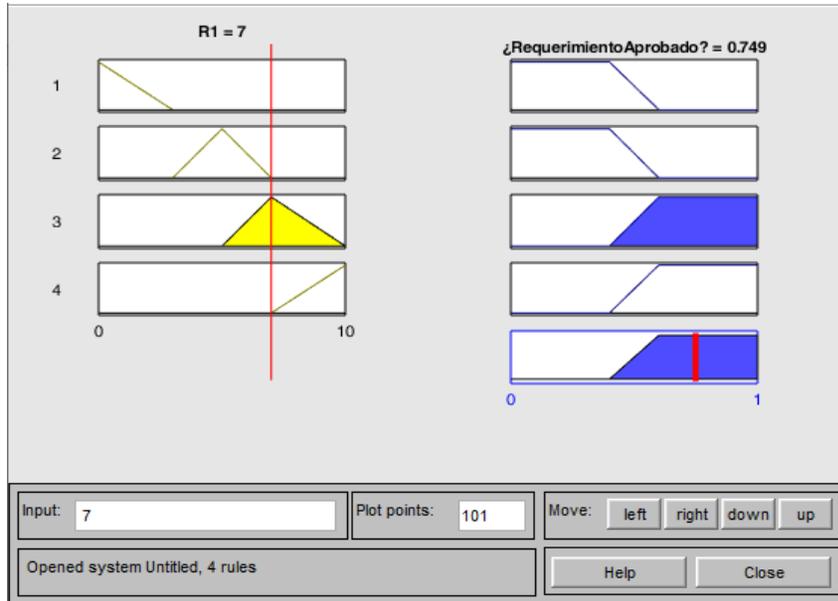
La siguiente tabla muestra las pantallas con los valores de entrada y salida para cada requerimiento

Requerimiento

Imagen

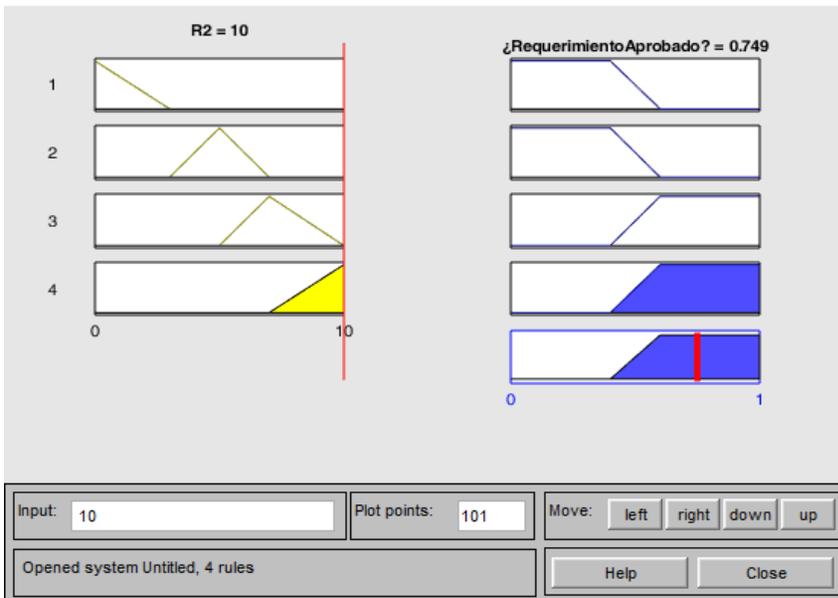
Descripción

R1 – El sistema debe ser rapido en el manejo de la información cuando se consulta a los clientes



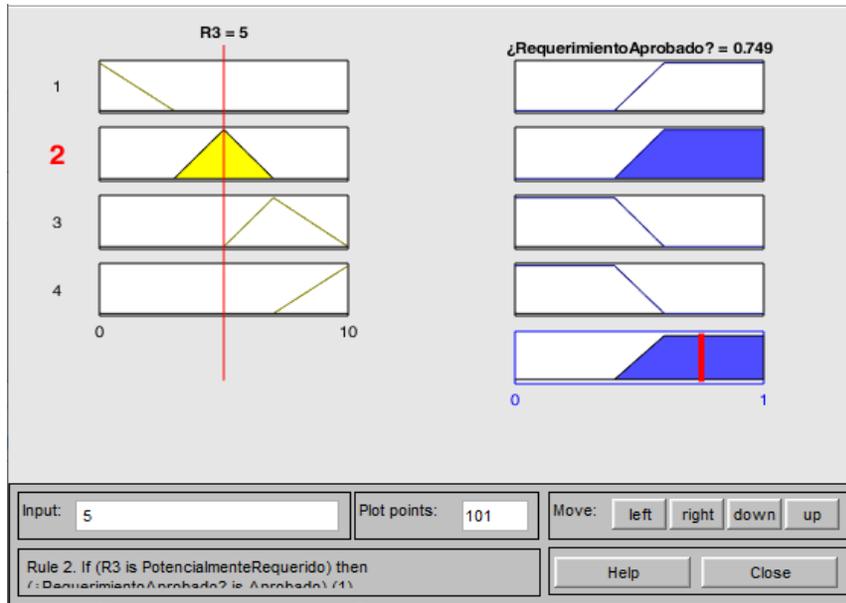
Para el requerimiento R1 se ingreso como valor a la variable Requerido = 7, de acuerdo a lo establecido por los stakeholders. Y se obtiene como salida “Aprobado” de acuerdo a la validación de las reglas establecidas

R2- el sistema debe realizar el reporte diario de los ingresos de cada empleado



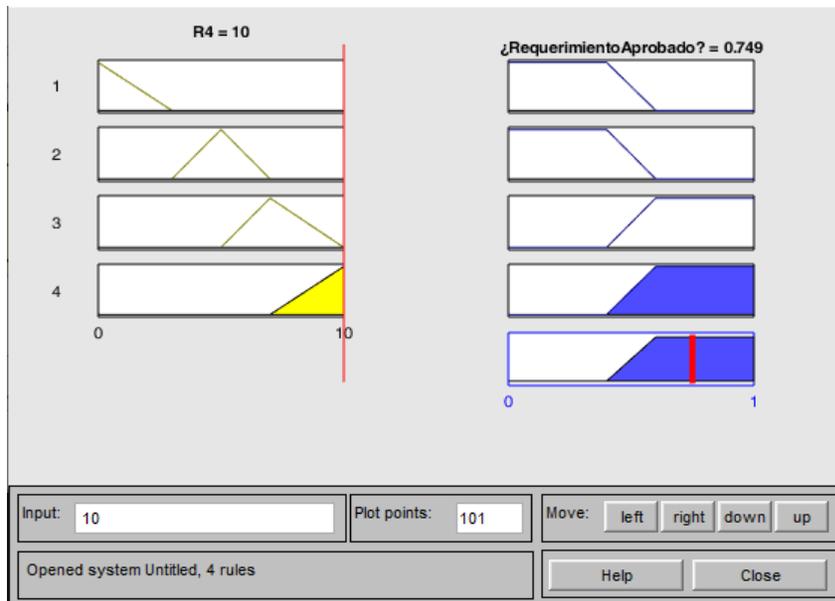
Para el requerimiento R2 se ingreso como valor a la variable Obligatorio = 10, de acuerdo a lo establecido por los stakeholders. Y se obtiene como salida “Aprobado” de acuerdo a la validación de las reglas establecidas

R3- Se debe registrar la información de los clientes que solo consultan productos



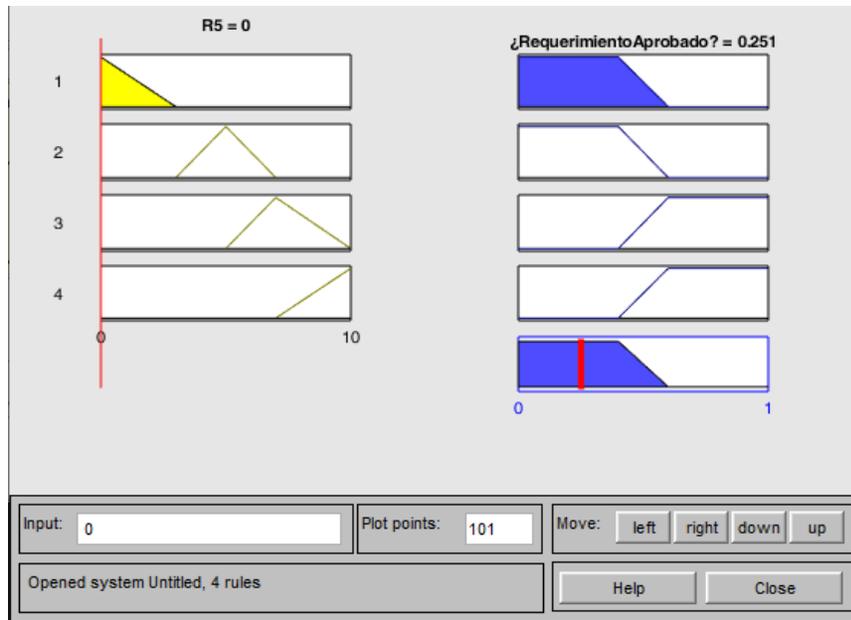
Para el requerimiento R3 se ingreso como valor a la variable Potencialmente Requerido = 5, de acuerdo a lo establecido por los stakeholders. Y se obtiene como salida “No Aprobado” de acuerdo a la validación de las reglas establecidas

R4 – El sistema debe generar reportes de los productos vendidos por un rango de fechas



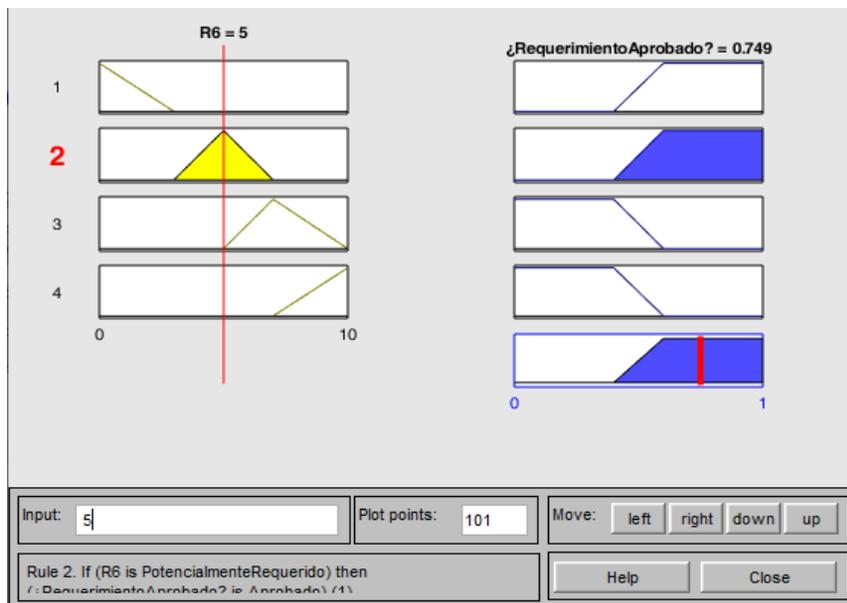
Para el requerimiento R4 se ingreso como valor a la variable Obligatorio = 10, de acuerdo a lo establecido por los stakeholders. Y se obtiene como salida “Aprobado” de acuerdo a la validación de las reglas establecidas

R5 – El sistema debe realizar el control de cada empleado eliminado



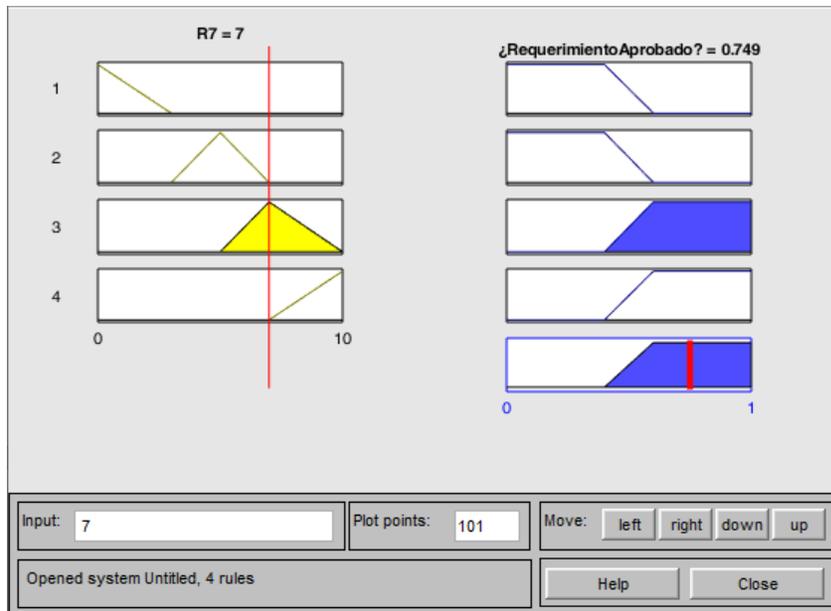
Para el requerimiento R5 se ingreso como valor a la variable No Necesario = 0, de acuerdo a lo establecido por los stakeholders. Y se obtiene como salida “No Aprobado” de acuerdo a la validación de las reglas establecidas

R6 – El sistema debe realizar el registro de cada consulta realizada a un empleado



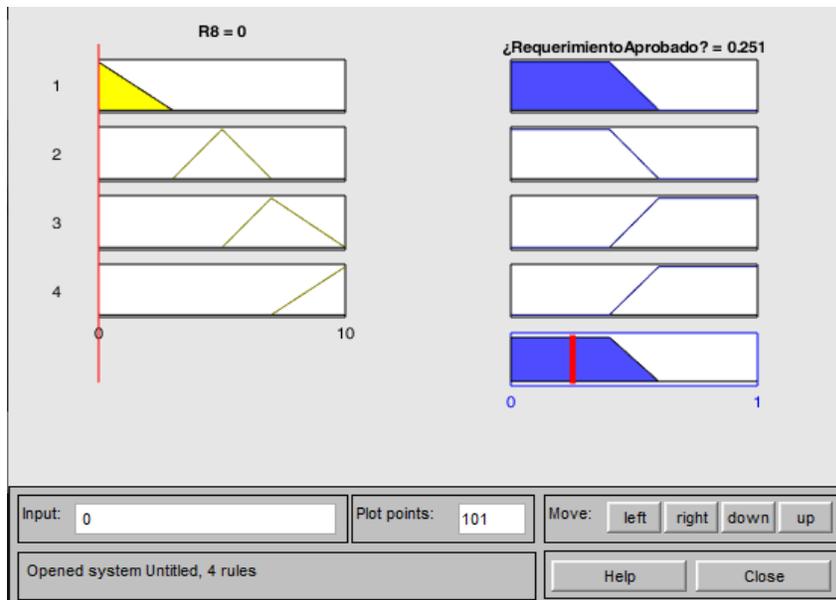
Para el requerimiento R6 se ingreso como valor a la variable Potencialmente Requerido = 5, de acuerdo a lo establecido por los stakeholders. Y se obtiene como salida “No Aprobado” de acuerdo a la validación de las reglas establecidas

R7 – El sistema debe realizar una trazabilidad de las facturas de cada pedido



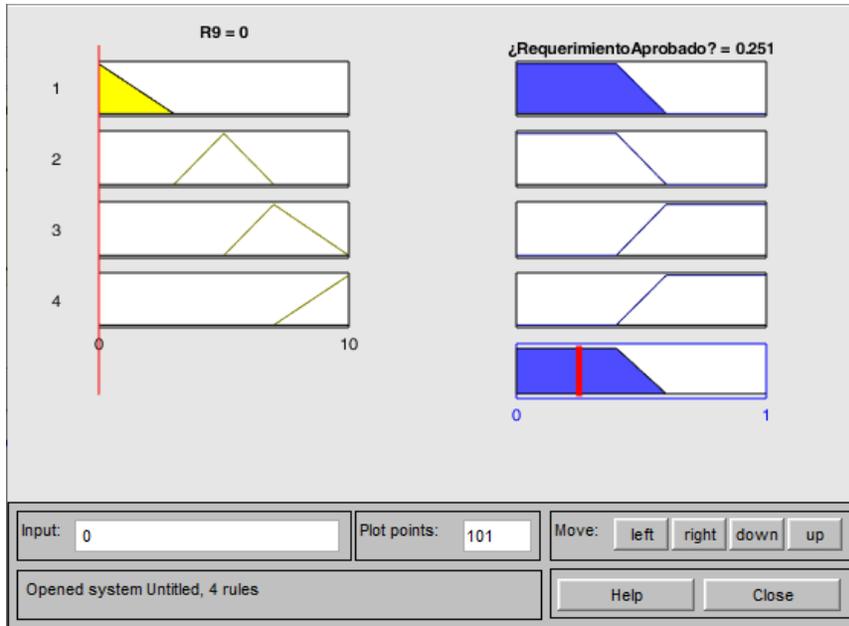
Para el requerimiento R7 se ingreso como valor a la variable Requerido = 7, de acuerdo a lo establecido por los stakeholders. Y se obtiene como salida “Aprobado” de acuerdo a la validación de las reglas establecidas

R8 – El sistema debe tener trazabilidad de empleados



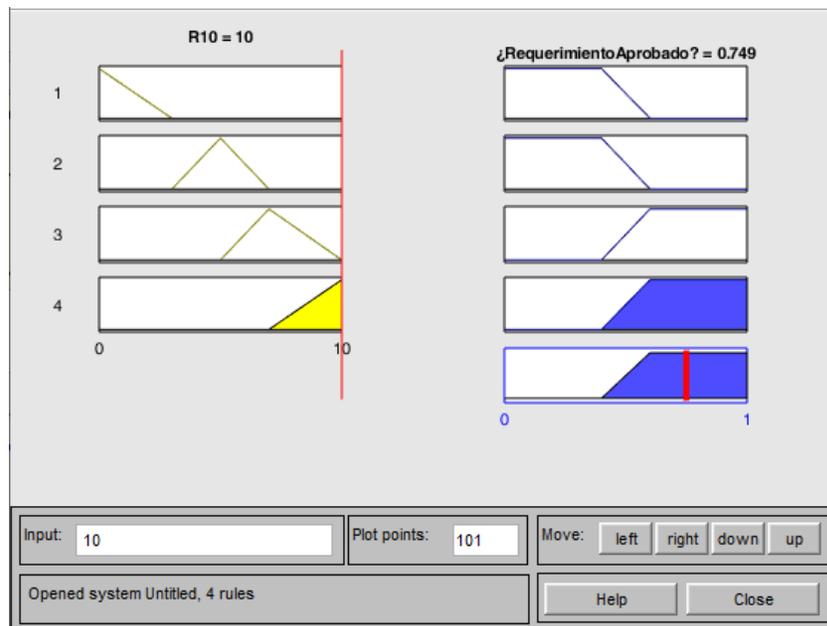
Para el requerimiento R8 se ingreso como valor a la variable No Necesario = 0, de acuerdo a lo establecido por los stakeholders. Y se obtiene como salida “No Aprobado” de acuerdo a la validación de las reglas establecidas

R9 – El sistema debe ser confiable



Para el requerimiento R9 se ingreso como valor a la variable No Necesario = 0, de acuerdo a lo establecido por los stakeholders. Y se obtiene como salida “No Aprobado” de acuerdo a la validación de las reglas establecidas

R10 – el sistema debe realizar un seguimiento al stock de materia prima disponible.



Para el requerimiento R10 se ingreso como valor a la variable Obligatorio = 10, de acuerdo a lo establecido por los stakeholders. Y se obtiene como salida “Aprobado” de acuerdo a la validación de las reglas establecidas