

ANEXOS DEL TRABAJO: MÉTODO BASADO EN EL PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN CUALITATIVA PARA LA EVALUACIÓN INDIVIDUAL Y GRUPAL DE COMPETENCIAS EDUCATIVAS



Fredy Mauricio Guerrero Córdoba

Paola Andrea Otero Cano

Trabajo de grado en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Director:

Diego Fabián Durán Dorado
PhD(C). En Ingeniería Telemática

Co-Director:

José Luis Arciniegas Herrera
PhD. En Ingeniería de Sistemas Telemáticos

Universidad Del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Telemática
Popayán, Julio de 2016

Fredy Mauricio Guerrero Córdoba
Paola Andrea Otero Cano

Anexos del trabajo: Método basado en el procesamiento de
información cualitativa para la evaluación individual y grupal
de competencias educativas

Trabajo de grado presentado en la Facultad de Ingeniería
Electrónica y Telecomunicaciones de la
Universidad del Cauca para la obtención del
Título de

Ingeniero en:
Electrónica y Telecomunicaciones

Director:
Diego Fabián Durán Dorado
PhD(C). En Ingeniería Telemática

Co-Director:
José Luis Arciniegas Herrera
PhD. En Ingeniería de Sistemas Telemáticos

Popayán
2016

Contenido

Contenido	i
Lista de figuras	v
Lista de tablas	vii
Anexo A	1
Marco teórico	1
A.1. Competencias Educativas	1
A.2. Procesamiento de información cualitativa	2
A.2.1. Conjuntos difusos (Fuzzy sets)	3
A.2.2. Redes neuronales (Neural networks).....	5
A.2.3. Algoritmos genéticos (Genetic algorithms).....	6
A.2.4. Cristalización simulada (Simulated annealing)	7
A.2.5. Optimización por colonias de hormigas (Ant colony optimization)	7
A.2.6. Evaluación de técnicas de <i>Soft Computing</i> (sc).....	7
A.3. Metodologías en el desarrollo de sistemas basados en lógica difusa	8
A.3.1. Metodología para el diseño de sistemas de control difuso	9
A.3.2. Metodología para el desarrollo de modelos de inferencia en minería de datos.....	9
A.3.3. Metodología para la construcción de reglas difusas integrando el conocimiento de expertos.....	10

A.3.4. Metodología para la construcción de sistemas de clasificación basados en reglas difusas	10
A.4. Operadores de agregación	11
A.4.1. Propiedades	11
A.4.2. OPERADORES	13
A.5. Técnicas de agrupamiento de datos	15
A.5.1. Algoritmo K-Means	15
A.5.2. Algoritmo Fuzzy C-Means	16
Anexo B	19
Estado del arte	19
Anexo C	27
Metodologías en el desarrollo de sistemas basados en lógica difusa	27
C.1. Metodología para el diseño de sistemas de control difuso	27
C.2. Metodología para el desarrollo de modelos de inferencia en minería de datos	30
C.3. Metodología para la construcción de reglas difusas integrando el conocimiento de expertos	30
C.4. Metodología para la construcción de sistemas de clasificación basados en reglas difusas	31
Anexo D	33
Árboles simulados para la evaluación de los operadores de agregación	33
Anexo E	45
Selección de herramientas software	45
E.1. Descripción de las herramientas software	45
E.1.1. Lenguajes de programación	45
E.1.2. Entornos de desarrollo	46
E.1.3. Sistemas de gestión de base de datos	48
E.1.4. Tipos de servicios web	49

E.2. Criterios de selección	50
E.2.1. Criterios de selección para lenguajes de programación	50
E.2.2. Criterios de selección para entornos de desarrollo	51
E.2.3. Criterios de selección para sistema de gestión de base de datos	52
E.2.4. Criterios de selección para tipo de servicios web	53
Anexo F.....	55
Desarrollo de las pruebas	55
F.1. Metodología de las pruebas	55
F.2. Especificación de las pruebas	59
F.2.1. Políticas de pruebas.....	59
F.2.2. Estrategia de las pruebas.....	60
F.2. Gestión de planeación de las pruebas	62
F.2.1. Planeación de las pruebas	62
F.2.2. Control y seguimiento	65
F.3. Gestión de ejecución de las pruebas.....	67
F.3.1. Preparación del entorno	67
F.3.2. Especificación de procedimientos del test.....	68
F.4. Árboles de pruebas.....	71
F.4.1. Árboles de pruebas individuales	71
F.4.2. Árboles de pruebas grupales	98

Lista de figuras

Figura 1. Estructura de composición en árbol de las competencias educativas.	2
Figura 2. Ejemplo de definiciones de conjuntos difusos.	4
Figura 3. Arquitectura de una red neuronal.	5
Figura 4. Metodología para el diseño de sistemas de control difuso.	28
Figura 5. Adaptación de los modelos de sistemas de lógica difusa con varios tipos de señales corruptas.	29
Figura 6. Metodología para el desarrollo de modelos de inferencia en minería de datos.	30
Figura 7. Metodología para la construcción de reglas difusas integrando el conocimiento de expertos.	31
Figura 8. Metodología para la construcción de sistemas de clasificación basados en reglas difusas.	32
Figura 9. Primer árbol de competencias educativas utilizado.	34
Figura 10. Segundo árbol de competencias educativas utilizado, estudiante 1.	36
Figura 11. Árbol de competencias, estudiante 2.	38
Figura 12. Árbol de competencias, estudiante 3.	40
Figura 13. Árbol de competencias, estudiante 4.	42
Figura 14. Modelo de pruebas de sistema- IEEE 29119.	56
Figura 15. Modelo de pruebas unitarias- IEEE 1008.	56
Figura 16. Metodología aplicada en las pruebas.	57
Figura 17. Jerarquía de la organización de las pruebas.	59
Figura 18. Árbol de competencias del estudiante 1-Experto1.	72
Figura 19. Árbol de competencias del estudiante 1-Experto2.	86
Figura 20. Árbol de competencias del estudiante 1-Experto3.	90

Lista de tablas

Tabla 1. Desempeño ponderado de las técnicas evaluadas.	8
Tabla 2. Información primer árbol de competencias.	35
Tabla 3. Información del estudiante 1 del segundo árbol de competencias.	37
Tabla 4. Información del estudiante 2 del segundo árbol de competencias.	39
Tabla 5. Información del estudiante 3 del segundo árbol de competencias.	41
Tabla 6. Información del estudiante 4 del segundo árbol de competencias.	43
Tabla 7. Selección lenguaje de programación.	51
Tabla 8. Selección entorno de desarrollo.	52
Tabla 9. Selección sistema de gestión de base de datos.	53
Tabla 10. Selección Tipo de servicio web.	53
Tabla 11. Fases de las pruebas de acuerdo a la metodología.	58
Tabla 12. Actividades de las pruebas.	63
Tabla 13. Plan de pruebas.	65
Tabla 14. Riesgos.	66
Tabla 15. Estrategias de mitigación de los riesgos identificados.	66
Tabla 16. Casos de pruebas.	70
Tabla 17. Información del árbol de competencias del estudiante 1.	75
Tabla 18. Información del árbol de competencias del estudiante 2.	77
Tabla 19. Información del árbol de competencias del estudiante 3.	80
Tabla 20. Información del árbol de competencias del estudiante 4.	82
Tabla 21. Información del árbol de competencias del estudiante 5.	85
Tabla 22. Información del árbol de competencias del estudiante 1.	87
Tabla 23. Información del árbol de competencias del estudiante 2.	87

Tabla 24. Información del árbol de competencias del estudiante 3.	88
Tabla 25. Información del árbol de competencias del estudiante 4.	88
Tabla 26. Información del árbol de competencias del estudiante 5.	89
Tabla 27. Información del árbol de competencias del estudiante 1.	92
Tabla 28. Información del árbol de competencias del estudiante 2.	93
Tabla 29. Información del árbol de competencias del estudiante 3.	95
Tabla 30. Información del árbol de competencias del estudiante 4.	97
Tabla 31. Información del árbol de competencias del estudiante 5.	98
Tabla 32. Información del árbol grupal del experto 1.	101
Tabla 33. Información del árbol grupal del experto 2.	101
Tabla 34. Información del árbol grupal del experto 3.	103

Anexo A

Marco teórico

El presente capítulo se relaciona con los conceptos y definiciones sobre los cuales se basa el desarrollo del método computacional para el procesamiento de información cualitativa. Se expone el contexto en el que se basa el problema que son las competencias educativas, se detallan diferentes técnicas y metodologías involucradas con el procesamiento de información, describiendo componentes y funcionamiento; y finalmente se describe algunas técnicas de agrupamiento de datos con el fin de obtener una base de conocimiento suficiente para la comprensión del desarrollo del presente trabajo.

A.1. Competencias Educativas

En el entorno educativo, las competencias son utilizadas para evaluar el desempeño de los estudiantes en diferentes temáticas (e.g. ciencias naturales, matemáticas). Según el sitio web de Colombia aprende [75], las competencias son los conocimientos, habilidades y destrezas que una persona desarrolla para comprender, transformar y participar en el entorno donde convive.

De acuerdo con el estándar del MEN [16] y el estándar vasco [21], se describe una estructura de composición en árbol basada en competencias educativas que abarcan desde aspectos generales, en la cima del árbol, hasta aspectos más

específicos en la base del mismo. En cada estándar se define un nombre diferente para cada nivel del árbol. En el MEN la denominación de estos niveles es ambigua y cambia dependiendo del grado académico (e.g. Grado 9°) para el que aplican las competencias; por el contrario, el árbol vasco está mejor estructurado, sus componentes están distribuidos con mayor claridad. La Figura 1 muestra la estructura de composición del estándar de competencias vasco. Esta última será usada como referencia para la propuesta del presente trabajo, es una estructura más organizada, se entiende fácilmente y se adapta a lo propuesto por el MEN.

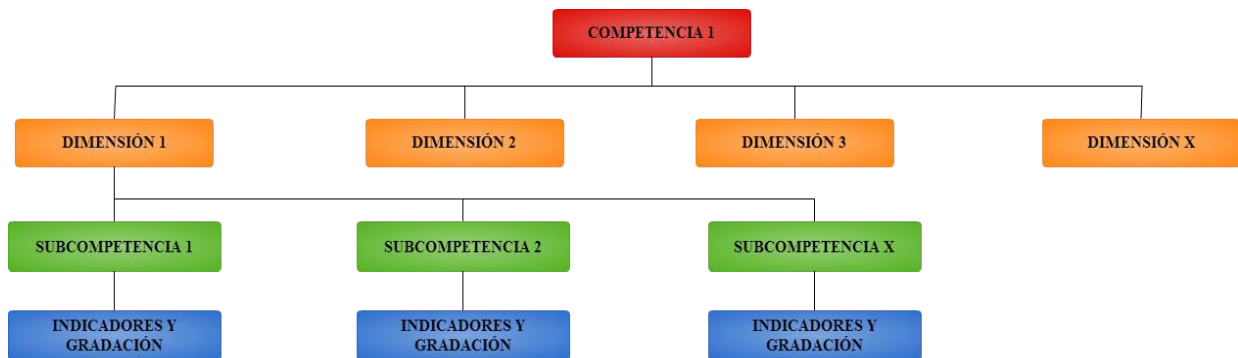


Figura 1. Estructura de composición en árbol de las competencias educativas.

A.2. Procesamiento de información cualitativa

Para realizar el procesamiento de información cualitativa existen diferentes técnicas que ayudan a realizar este proceso. De acuerdo a la revisión del estado del arte, presentado en el Anexo B, se encuentran las técnicas de *Soft Computing*, las cuales se usan para procesar información que contiene incertidumbre; debido a que en este trabajo se trabaja con información cualitativa, se hace necesario el empleo de este tipo de técnicas para su procesamiento. Las técnicas que se escogieron fueron las más relevantes para el desarrollo del presente trabajo de grado; estas son: conjuntos difusos (*fuzzy sets*), redes neuronales (*Neural Networks*), algoritmos Genéticos (*Genetic Algorithms*), cristalización Simulada (*simulated Annealing*), optimización por colonia de Hormigas (*Ant Colony Optimization*).

A continuación se describe cada una de las técnicas mencionadas anteriormente, estas son de importancia ya que en base a sus características se selecciona una única que es adecuada para el desarrollo del presente trabajo.

A.2.1. Conjuntos difusos (Fuzzy sets)

Antes de explicar conjuntos difusos, primero se define la lógica difusa.

La lógica difusa es, de acuerdo con [76] y [77], una alternativa a la lógica clásica (e.g. lógica Booleana 0 y 1); diseñada para representar el conocimiento y razonamiento humano, agregando grados de vaguedad, imprecisión e incertidumbre, de tal forma que un sistema computacional sea capaz de realizar su procesamiento. Esta lógica es implementada en sistemas difusos, para ello se usa la teoría de conjuntos difusos.

La primera noción de la teoría de los conjuntos difusos es incluir grados de incertidumbre, en ese sentido, su función de pertenencia no se restringe a valores únicos como 0 y 1, por el contrario, puede tomar todos los valores posibles entre este intervalo, $[0,1]$. En los conjuntos difusos se tienen en cuenta las siguientes definiciones, estas son tomadas de [78] y [79]:

- Variable lingüística: Concepto que se evalúa de forma difusa (e.g. Edad, temperatura).
- Universo del discurso: Rango de valores que pueden tomar las variables lingüísticas.
- Valor lingüístico: Clasificación de las variables lingüísticas (e.g. Temperatura media, temperatura baja).
- Función de pertenencia: Representación matemática que permite realizar la asociación de la información a diferentes conjuntos.
- Conjunto difuso: Unión de un valor lingüístico con su función de pertenencia en el intervalo del universo del discurso.

La Figura 2 muestra un ejemplo de las definiciones anteriores que aclara sus conceptos.

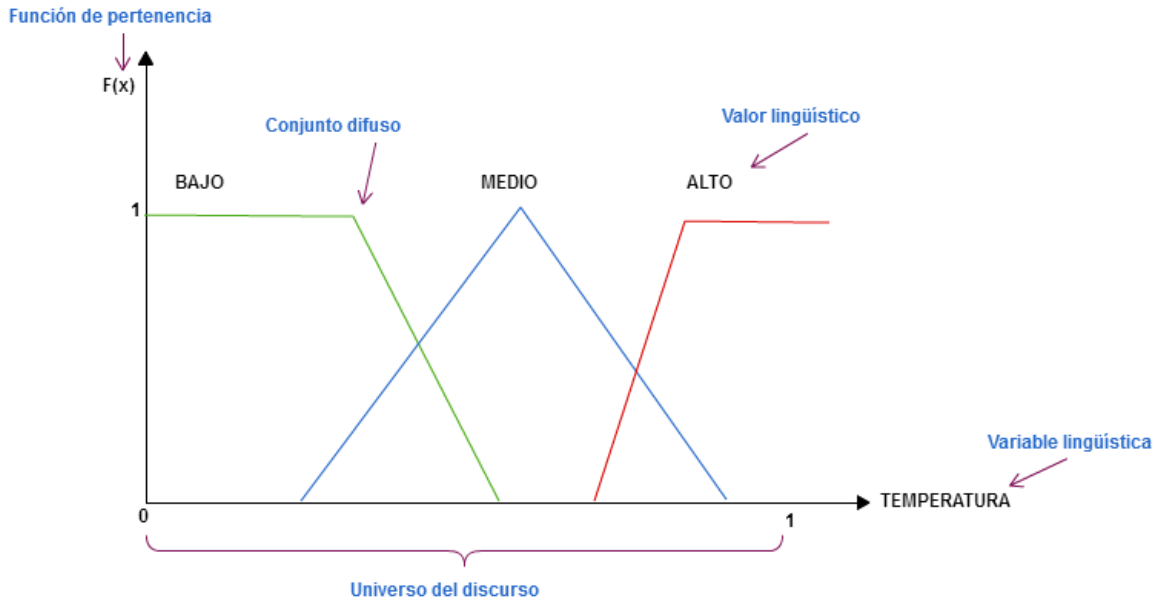


Figura 2. Ejemplo de definiciones de conjuntos difusos.

Dentro de la lógica difusa existe una técnica usada frecuentemente para la representación de la información, llamada 2-tupla lingüística.

- 2-Tupla Lingüística: De acuerdo con [27] y [80], son usadas para modelar la información lingüística permitiendo procesos computacionales con palabras con el menor grado posible de pérdida de información.

La construcción de una 2-tupla se realiza con el uso de términos lingüísticos y el valor representativo de un resultado de alguna operación: Sea $S = \{s_0, \dots, s_i\}$ un conjunto de términos lingüísticos y $\beta \in [0, i]$ un valor que representa el resultado de una operación simbólica, la 2-tupla lingüística que expresa la información correspondiente a β es dada por (1) [80].

$$\Delta: [0, i] \rightarrow (S \times [-0.5, 0.5])$$

$$(\beta) \rightarrow \Delta(\beta) = (s_j, \alpha) = \begin{cases} s_j & \text{si } j = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - j & \text{si } \alpha \in [-0.5, 0.5] \end{cases} \quad (1)$$

Donde:

$j = \text{round}(\beta)$ es un operador usual de redondeo,

s_j es una etiqueta índice más cercano a β ,

$\alpha = \beta - j$ es un valor de traslación simbólica.

En este orden de ideas, se tiene que una n-tupla lingüística difusa es una lista ordenada de n elementos, en este caso n 2-tuplas lingüísticas. En (2) se presenta la forma matemática de las n-tuplas difusas.

$$Ntupla = \{(Q1 : Pn), \dots (Q2 : Pn)\} \quad (2)$$

Donde

Q representa las 2-tupla,

Pn es una valor simbólico.

A.2.2. Redes neuronales (Neural networks)

Las redes neuronales son representaciones matemáticas que se desarrollaron con el fin de modelar la estructura y el funcionamiento del cerebro humano [81], [82]. Son redes interconectadas masivamente con organización jerárquica, conformadas por elementos simples que tienen por función interactuar con los objetos del mundo real [83].

El modelo de las redes neuronales consiste, básicamente, en que a partir de un conjunto de entradas se genera una única salida. En ese sentido, el modelo intenta simplificar de una información excesiva o redundante, las características relevantes para el sistema. La Figura 3 presenta la arquitectura convencional de una red neuronal.

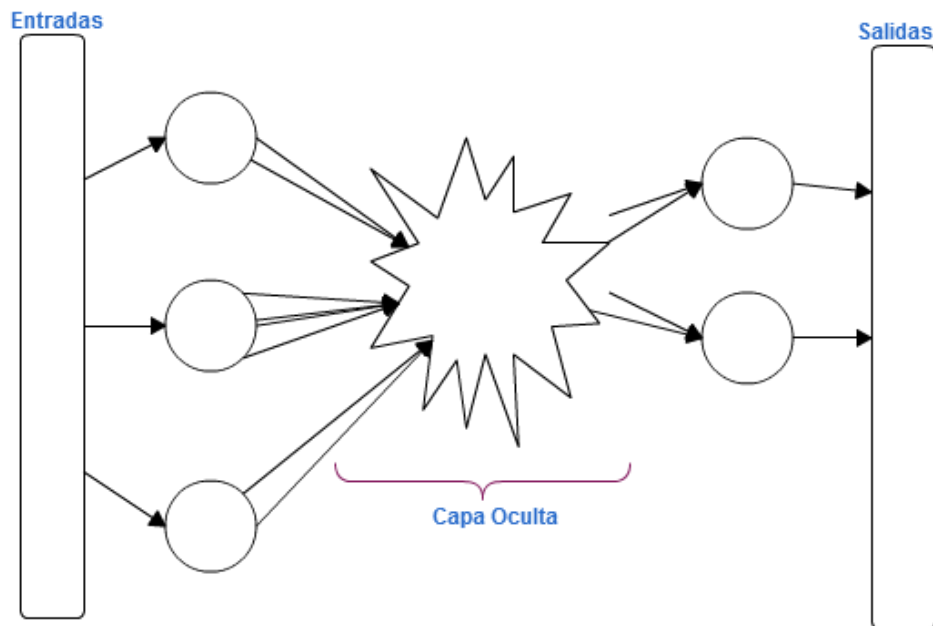


Figura 3. Arquitectura de una red neuronal.

En la Figura 3 se observa que la arquitectura consta de tres capas, las cuales son las neuronas de entrada, neuronas ocultas y las neuronas de salida. Las primeras

son las encargadas de recibir los estímulos del exterior para recolectar la información de entrada a la red. La capa oculta se encarga de transportar y procesar la información. Finalmente, las neuronas de salida reciben la información procesada y entregan la respuesta del sistema.

A.2.3. Algoritmos genéticos (Genetic algorithms)

Son algoritmos de búsqueda que se basan en los mecanismos de selección natural [84], [85]. Es un algoritmo que busca la optimización de una información dada; su principio se basa en escoger de poblaciones grandes una más pequeña, con características que destaquen sobre los mismos miembros de esta, de tal forma que sean más aptos y capaces de adaptarse para sobrevivir en dicha población.

El algoritmo genético consta de seis pasos [85], definición de la función objetivo, definición del tamaño de la población, definición de la codificación de las posibles soluciones, definición del mecanismo de selección, elección de parámetros de control, definición de la tasa de convergencia.

- Definición de la función objetivo: Se escoge una función, la cual se desea optimizar, que represente matemáticamente una información.
- Definición del tamaño de la población: El tamaño varía, por lo general, entre 200-300 individuos para que sea manipulable en el desarrollo de la solución a un problema.
- Definición de la codificación de las posibles soluciones: Se escoge un mecanismo de codificación simple (e.g. Código Gray o binario) para representar las variables del problema.
- Definición del mecanismo de selección: Se debe escoger entre toda la población a los elementos o individuos que tengan mejores aptitudes para sobrevivir.
- Elección de parámetros de control: Se definen parámetros como *recombinación* y *mutación*, con el fin de variar la población para alcanzar los criterios de optimización.
- Definición de la tasa de convergencia: Se define en qué momento se debe detener la búsqueda de la mejor población, en este punto ya se tienen los mejores individuos.

A.2.4. Cristalización simulada (Simulated annealing)

Algoritmo de búsqueda meta-heurística que usa una estrategia de mejora iterativa con el fin de encontrar el mejor valor óptimo de una función dada una información [86], [87].

El nombre de cristalización simulada o *simulated annealing* (SA) viene del proceso de la cristalización del acero y cerámicas. El SA se basa en el algoritmo de Metrópolis [86] que varía en diferentes iteraciones, un conjunto de parámetros en base a una función inicial, el objetivo de esta variación es la optimización de la función, que es la solución a un problema dado.

A.2.5. Optimización por colonias de hormigas (Ant colony optimization)

Es un algoritmo de técnicas probabilísticas o meta-heurísticas, desarrollado con el objetivo de encontrar las mejores soluciones en un tiempo de cómputo razonable para problemas de enrutamiento [88]. Se basa en el comportamiento real de las hormigas, que en principio vagan al azar; cuando encuentran una fuente de alimento regresan a su colonia dejando feromonas en el camino. Cuando otras hormigas deseen ir por alimento, probablemente, regresaran por el camino que está marcado por las feromonas y así mismo dejan las propias; en ese sentido, los caminos más cortos son los más fuertes, mientras que otros caminos explorados van desintegrándose [89].

Este algoritmo puede ser utilizado en sistemas que requieran de un dinamismo recurrente, ya que este funciona en grafos con topologías de cambio [89].

De acuerdo con lo anterior, se realiza la selección de la técnica más apropiada para el desarrollo del presente trabajo.

A.2.6. Evaluación de técnicas de *Soft Computing* (sc)

Las técnicas de *Soft Computing* incluidas en la evaluación fueron: Conjuntos difusos (*fuzzy sets*), redes neuronales (*Neural Networks*), algoritmos Genéticos (*Genetic Algorithms*), cristalización Simulada (*simulated Annealing*), optimización por colonia de Hormigas (*Ant Colony Optimization*). Para llevar a cabo la evaluación se rescataron los resultados obtenidos por estas técnicas en diferentes trabajos relacionados con el contexto educativo. Los trabajos que se tuvieron en cuenta para

esta evaluación fueron [90], [91], [77], [92], [93], [94], [95] y [96]. Se escogieron los resultados en los que se describía el desempeño de cada una de las técnicas, estos resultados se ajustaron en una escala decimal de 0 a 1 para facilitar la elección del que tuviera mejor desempeño. La Tabla 1 muestra los resultados de desempeño ponderado de cada técnica.

Algoritmo	Desempeño Ponderado
Ant colony optimization	0,58
Simulated annealing	0,432
Fuzzy Sets	0,6275
Neural networks	0,6225
Genetic algorithm	0,5703

Tabla 1. Desempeño ponderado de las técnicas evaluadas.

A partir de la anterior evaluación se pudo concluir que la técnica de *Soft Computing* más adecuada para el ámbito educativo son los Conjuntos Difusos o *Fuzzy Sets*. Con esta técnica se puede hacer *Computing With Words (CWW)* lo que es importante en este trabajo, ya que CWW brinda una metodología que posibilita la aproximación de procesos de máquina a los procesos mentales de un humano para un problema [97]. Con los conjuntos difusos y CWW es posible hacer frente al procesamiento de información cualitativa. Esto permite establecer que la metodología a usar debe ser pensada para el desarrollo de sistemas basados en Lógica Difusa.

A.3. Metodologías en el desarrollo de sistemas basados en lógica difusa

Durante el desarrollo del presente trabajo se exploraron diferentes metodologías que se adaptaran a la problemática a resolver, la exploración se enfocó sólo en las metodologías en el desarrollo de sistemas difusos ya que fue la técnica seleccionada para el desarrollo del trabajo de grado; la justificación del porqué su elección se dará en el Capítulo 2.

A.3.1. Metodología para el diseño de sistemas de control difuso

En [22] se define una metodología para el diseño de sistemas con lógica difusa (FLS). En ésta se concentran en resolver una de las principales fuentes de incertidumbre: la vaguedad semántica; la cual se produce por dos razones:

- Cuando la descripción de un conjunto de datos es imprecisa o incompleta.
- Cuando se describe un conjunto de datos con un número de atributos insuficiente.

Las anteriores razones se tratan con la teoría de conjuntos difusos. Las variables de entrada de la metodología sufren un proceso de fuzzyficación, consiste en convertir los valores reales a valores difusos, agregando grados de pertenencia utilizando las funciones de pertenencia asociadas a cada conjunto difuso.

Esta metodología se enfoca en el diseño de un sistema de control difuso para señales corruptas. En su entrada, se verifica si la señal es o no corrupta, dependiendo de la respuesta, se le asigna una función de pertenencia, que puede ser triangular o gaussiana; se construye un proceso robusto de computación difusa y finalmente se evalúa reiterativamente la exactitud de la señal. En el Anexo B se presenta gráficamente la metodología para el diseño de sistemas de lógica difusa, junto con la adaptación de los modelos de los sistemas de lógica difusa para varias formas de señales corruptas.

A.3.2. Metodología para el desarrollo de modelos de inferencia en minería de datos

En [23] y [98] se presenta una metodología para el desarrollo de un modelo de predicción basado en reglas difusas que utilizan un conjunto de datos de entrenamiento para construir una base de conocimiento.

En primer lugar, toma en cuenta la naturaleza de los datos, los adquiere y los organiza; luego, crea un algoritmo para las reglas difusas tomando en consideración la descripción de las variables de entrada (e.g. propiedades y atributos), con esto se conforma un conjunto de datos de entrenamiento, de ahí se compone una primera base de conocimiento.

Teniendo en cuenta que la metodología es para la construcción de un modelo predictivo, se deduce que el modelo constantemente debe aprender del conjunto de datos de entrenamiento, en ese sentido, las reglas difusas se están redefiniendo

continuamente, de esta manera se conforma una base de conocimiento más sólida. En el Anexo B se presenta gráficamente la metodología para el desarrollo de modelos de inferencia en minería de datos (DM).

A.3.3. Metodología para la construcción de reglas difusas integrando el conocimiento de expertos

En [24] se propone una metodología para el desarrollo de sistemas basados en reglas difusas (FRBS) integrando el conocimiento de expertos. Se considera desde el inicio que la mejor solución para la construcción de los sistemas es involucrar al experto en todo el desarrollo de este.

En primer lugar, se debe escoger las características y atributos de los datos considerando si se desea resolver un problema de clasificación o regresión. Luego, se define toda la partición difusa del sistema, esta incluye el número de conjuntos difusos, el universo del discurso, se define un algoritmo de clústering, K-means¹. Después se introducen las reglas diseñadas por los expertos y se perfeccionan mediante un algoritmo genético. En el Anexo B se presenta gráficamente la metodología para la construcción de sistemas basados en reglas difusas incluyendo conocimientos de expertos.

A.3.4. Metodología para la construcción de sistemas de clasificación basados en reglas difusas

En [25] se presenta una metodología para obtener un conjunto de reglas difusas para sistemas de clasificación. La estructura de esta metodología es en forma de una red difusa en capas; cada enlace de entrada a los nodos representa los antecedentes de las reglas y los enlaces de salida desde los nodos representan el resultado.

El método permite desarrollar FRBS usando dos tipos de reglas: Con etiquetas lingüísticas y con grados de certeza a la salida. Utilizando algoritmos genéticos en dos diferentes fases de la metodología se obtiene un conjunto de reglas perfeccionadas; en la primera fase se obtiene la versión preliminar de las reglas difusas, en la segunda fase las etiquetas lingüísticas son refinadas. En el Anexo B

¹ Algoritmo de clústering que se usa con el objetivo de hacer una división de un conjunto de n observaciones en k grupos, es utilizado frecuentemente en minería de datos.

se presenta la representación gráfica de la red difusa de la metodología para la construcción de sistemas de clasificación basados en reglas difusas.

A.4. Operadores de agregación

Para un sistema de toma de decisiones, basado en conocimientos o de procesamiento de datos; la agregación de la información es uno de sus problemas básicos, su propósito es tomar simultáneamente distintas piezas de información, ya sean de una misma fuente o diferentes, y llegar a una única conclusión o decisión [34]. Se han propuesto diferentes metodologías para desarrollar una solución a estos sistemas, como lo son las reglas difusas, la teoría de conjuntos difusos y la teoría probabilística; independientemente del tipo de enfoque que se tome, cada uno siempre llega a un punto en donde se necesita un operador de agregación numérica [34]. Por lo anterior, en el presente trabajo de grado se tuvieron en cuenta las propiedades de los operadores de agregación y los tipos de operadores para escoger el más adecuado para el desarrollo del trabajo.

A.4.1. Propiedades

Dado que la función de los operadores de agregación es entregar una conclusión única de uno o más conjuntos de información, estos presentan propiedades matemáticas que permiten manipular la información de una forma más sencilla, ya sea mediante la asociación, conmutatividad o unión; además permiten realizar el procesamiento de información cualitativa posibilitando incluir la semántica dentro de los parámetros de la información y también la importancia que tiene cada uno de ellos. En ese sentido, los operadores de agregación tienen dos tipos de propiedades [34], matemática y de comportamiento.

a. Propiedades matemáticas

- Satisface las siguientes condiciones de frontera, en (3) y (4) se presenta la forma matemática de las condiciones.

$$\text{Aggreg} (0,0,\dots,0) = 0 \quad (3)$$

$$\text{Aggreg} (1,1,\dots,1) = 1 \quad (4)$$

La expresión (3) indica que, si todos los criterios de agregación son falsos o no satisfactorios, el resultado será negativo; en (4) se observa lo contrario, si todos los criterios son verdaderos o satisfactorios, el resultado de la agregación será positiva.

- Monotonía (no decreciente), en (5) se presenta la definición matemática de esta propiedad.

$$y_i \geq x_i \Rightarrow \text{Aggreg}(x_1, \dots, y_i, \dots, x_n) \geq \text{Aggreg}(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) \quad (5)$$

- Continuidad, la función de agregación es continua para cada una de las variables, garantizando más robustez y consistencia.
- Asociatividad, en (6) se presenta la definición matemática de esta propiedad.

$$\text{Aggreg}(x_1, x_2, x_3) = \text{Aggreg}(\text{Aggreg}(x_1, x_2), x_3) \quad (6)$$

- Simetría o conmutatividad, la definición matemática se presenta en (7).

$$\text{Aggreg}(x_{\sigma(1)}, x_{\sigma(2)}, \dots, x_{\sigma(n)}) = \text{Aggreg}(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (7)$$

- Bisimetría, si un operador es conmutativo y asociativo, es necesariamente bisimétrico, en (8) se presenta la definición matemática.

$$A(A(x_{11}, x_{12}), A(x_{21}, x_{22})) = A(A(x_{11}, x_{21}), A(x_{12}, x_{22})) \quad (8)$$

- Idempotencia o unanimidad, la definición matemática se presenta en (9).

$$\text{Aggreg}^{[n]}(x_1, \dots, e, \dots, x_{(n-1)}) = \text{Aggreg}^{[n-1]}(x_1, \dots, x_{(n-1)}) \quad (9)$$

- Compensación: Se espera que el resultado de la agregación sea mayor que el mínimo valor agregado y menor que el valor máximo. La definición matemática es dada en (10).

$$\min_{i=1} (x_i) \leq \text{Aggreg}(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq \max_{i=1} (x_i) \quad (10)$$

- Estabilidad para una función lineal: convierte una estabilidad de un operador en escalas de medición.
- Invariancia, la definición matemática se presenta en (11).

$$\text{Aggreg}(f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n)) = f(\text{Aggreg}(x_1, x_2, \dots, x_n)) \quad (11)$$

b. Propiedades de comportamiento

- Comportamiento decisonal, da la posibilidad de expresar el comportamiento de la toma de decisiones, generalmente son multicriterio; se les llama comportamientos disyuntivos y conjuntivos.
- Interpretabilidad de los parámetros: Exige o permite que los parámetros tengan una interpretación semántica evidente.
- Pesos en los argumentos: Permite expresar diferentes grados de importancia o peso en los argumentos.

A.4.2. OPERADORES

La descripción de los siguientes tipos de operadores está basada en [34], [59], [49], [99], [8].

- **Media aritmética:** *Arithmetic Averaging* (AA); Este operador utiliza la propiedad de compensación, satisface las propiedades de monotonía, continuidad, simetría, asociatividad, idempotencia y la estabilidad para las transformaciones lineales. No cumple con las propiedades de comportamiento. En (12) es dada la definición matemática.

$$AA(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n} \cdot x_i \right) \quad (12)$$

- **Media ponderada:** *Weighted Arithmetic Averaging* (WAA); Da la posibilidad de incluir la propiedad de pesos en los argumentos. Se debe garantizar que la suma de los pesos sea igual a 1. En (13) se presenta la definición matemática.

$$WAA_{w_1, \dots, w_n}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n (w_i \cdot x_i) \quad (13)$$

- **El mínimo y el máximo:** *Max and Min*; Este operador no da como resultado un valor medio, sino el mínimo y máximo de los argumentos. Cumple con las propiedades de monotonía, simétrica, asociativa, idempotencia. No cumple con la propiedad de compensación.

- **Mínimo ponderado y máximo ponderado:** Permite incluir la propiedad de pesos en los argumentos a los mínimos y máximos. La definición matemática es dada en (14) y (15).

$$\min_{w_1, \dots, w_n}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n [i \cdot (w_{\sigma(i)} - w_{\sigma(i+1)}) \cdot \min(x_{\sigma(1)}, \dots, x_{\sigma(i)})] \quad (14)$$

$$\max_{w_1, \dots, w_n}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n [i \cdot (w_{\sigma(i)} - w_{\sigma(i+1)}) \cdot \max(x_{\sigma(1)}, \dots, x_{\sigma(i)})] \quad (15)$$

- **La mediana:** *Median operator*; Consiste en ordenar los argumentos de forma ascendente, el resultado del operador es tomar el valor de la mitad de la lista de argumentos ordenados. Si el número de argumentos es par, se toma los dos valores de la mitad y el resultado de la agregación es el promedio de estos. Cumple con las propiedades de contorno, monotonía, simetría, idempotencia y de compensación.
- **Peso promedio difuso:** *Fuzzy Weighted Averaging (FWA)*; permite incluir pesos difusos a cada uno de los argumentos, estos últimos también son valores difusos; el resultado de la agregación es un valor difuso. En (16) se presenta la definición matemática.

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (16)$$

Donde w_i son los pesos o la importancia de cada argumento.

- **Promedio ponderado ordenado:** *Ordered Weighted Averaging (OWA)*; Al igual que FWA, permite incluir pesos a los argumentos; su principal característica es ordenar los argumentos, de esta manera no se asocian a un peso en particular. Se debe tener en cuenta que la suma de los pesos debe ser igual a 1. En (17) es dada la definición matemática.

$$OWA(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n w_i x_{\sigma(i)} \quad (17)$$

A.5. Técnicas de agrupamiento de datos

Las técnicas de agrupamiento de datos o clústering consisten en la agrupación de diferentes objetos según la similitud de sus características [100], la función de sus algoritmos es la optimización de una función objetivo.

En esta sección se da una reseña de dos algoritmos de clústering más utilizados, K-Means y Fuzzy C-Means. Para estos se debe tener en cuenta dos conceptos fundamentales: centroide y distancia euclidiana.

- Centroide: Dentro de un clúster son los objetos más representativos del patrón de su grupo [100].
- Distancia euclidiana: Es la distancia más corta entre objetos, es la raíz cuadrada de la suma de la diferencia al cuadrado de los objetos [100]; en (18) se muestra su representación matemática.

$$d(i, k) = \sqrt{\sum_{j=1}^d |x_{ij} - x_{kj}|^2} \quad (18)$$

A.5.1. Algoritmo K-Means

De acuerdo con [100] y [101] es uno de los algoritmos más utilizados por su eficacia y robustez. El procedimiento del algoritmo se da en 4 pasos.

1. Se selecciona la partición inicial en K grupos, definidos al azar, identificando cada uno de sus centroides.
2. Se calculan las distancias euclidianas de todos los objetos a los centroides de cada clúster.
3. Se recalcula el centroide de cada clúster como la media de todos sus objetos, con el fin de minimizar el valor de la sumatoria de las distancias euclidianas de cada uno de los objetos.
4. Se repiten los pasos 2 y 3 hasta obtener un centroide constante.

A.5.2. Algoritmo Fuzzy C-Means

De acuerdo con [23] y [100] Fuzzy C-Means asigna a cada objeto un valor de pertenencia, lo que hace que cada uno de ellos pertenezca, parcialmente, a dos o más clúster al mismo tiempo. Una gran diferencia con los algoritmos de clústering tradicionales como el K-Means. Esto es posible mediante una función denominada función de pertenencia

La pertenencia de cada objeto a cada clúster se define en (19)

$$\mu_j(x_i) = \frac{\left(\frac{1}{d_{ji}}\right)^{\frac{1}{m-1}}}{\sum_{R=1}^p \left(\frac{1}{d_{Ri}}\right)^{\frac{1}{m-1}}} \quad (19)$$

Donde:

d_{ji} : Distancia de un objeto al centroide del clúster del cual se desea saber su pertenencia.

$\sum_{R=1}^p \left(\frac{1}{d_{Ri}}\right)^{\frac{1}{m-1}}$: Suma inversa de las distancias de todos los centroides al objeto x_i en el espacio n-dimensional.

m : Parámetro de fuzzyficación. Define el grado de traslape entre los conjuntos.

El procedimiento de este algoritmo no difiere mucho con el K-Means, se da en 6 pasos.

1. Aleatoriamente se fijan los centroides de cada clúster.
2. Se calculan las distancias de cada objeto a cada centroide, utilizando la expresión de la distancia euclidiana (ver expresión (18)).
3. Se calcula la pertenencia de cada dato a cada centroide (ver expresión (19))
4. Se asigna el objeto al clúster de mayor pertenencia.
5. Se recalcula la posición de cada centroide, para esto se utiliza la expresión (20).

$$c_j = \frac{\sum_i [\mu_j(x_i)]^m x_i}{\sum_i [\mu_j(x_i)]^m} \quad (20)$$

Donde:

c_j es la posición del centroide. Este debe ser calculado en las dimensiones con las que se esté trabajando, n veces si es un espacio de n -dimensiones,

x_i es la posición de cada objeto en cada una de las dimensiones del espacio.

6. Volver al paso 2 si el centroide no es estable.

Anexo B

Estado del arte

En este anexo se encuentra la revisión bibliográfica hecha para la investigación y desarrollo del presente trabajo de grado.

Para la elaboración del estado del arte del presente trabajo se evaluaron un aproximado de 60 trabajos entre artículos de revista, capítulos de libros, memorias de conferencias y workshops. Dentro de la revisión bibliográfica, se tuvieron en cuenta tres aspectos: 1) Aportes de contexto: trabajos que estuvieran enmarcados en las competencias; 2) Aportes de tecnología: trabajos que estuvieran enmarcados en el procesamiento de información cualitativa; 3) Aportes de enfoque: trabajos que estuvieran enfocados en la evaluación individual y grupal, de cualquier tipo. Cada uno de estos aspectos recibió una calificación de 0 a 10 puntos, dependiendo del aporte al presente trabajo. El peso de cada aspecto dentro de la puntuación total de cada trabajo se consideró de la siguiente manera: contexto 40%, tecnología 30% y enfoque 30%, sobre el total. Únicamente se tuvieron en cuenta los trabajos cuyo puntaje total fuera superior o igual a 8 puntos. De este proceso de evaluación surgieron 12 trabajos principales y 2 secundarios. Estos trabajos se relacionan a continuación:

- **A fuzzy linguistic algorithm for adaptative test in intelligent tutoring system based on competences [1].** En este trabajo se propone un algoritmo para la construcción de Tests Adaptativos Computarizados (TAC)² en el contexto educativo, a partir de la inferencia del nivel de competencias de cada estudiante.

² Un TAC o CAT por sus siglas en inglés, permite evaluar y actualizar el perfil de un estudiante a partir de la construcción de un cuestionario que es modelado de acuerdo con su nivel de conocimiento. Este nivel de conocimiento se infiere a partir de evaluaciones anteriores.

Para lograr esto, el algoritmo está basado en un modelo que integra el conocimiento de expertos que se modela a partir de información lingüística difusa. Dentro de este trabajo se encuentra un aporte importante en lo que se denominan el “*modelo del dominio*”, que contiene los perfiles de las competencias de acuerdo a los campos del saber. Éstos han sido definidos previamente mediante los conceptos lingüísticos de los expertos. En este trabajo no se realiza una evaluación que permita establecer criterios concluyentes sobre el desempeño de esta metodología frente a otras alternativas, tampoco se considera la estructura de composición en árbol de las competencias, que se describió en el planteamiento del problema. Las principales diferencias del trabajo referenciado con la presente propuesta radican en lo siguiente: en el trabajo relacionado no se considera la evaluación grupal de competencias que si se considera en el presente trabajo de grado mediante el modelado del estado de las mismas en los grupos, a partir de los conceptos de los evaluadores. Además, en el presente trabajo también se tiene en cuenta la característica cualitativa de la evaluación de competencias que no se tiene en cuenta en el trabajo relacionado en esta referencia, en donde únicamente se considera la característica cualitativa de los términos lingüísticos de los expertos en las competencias, pero no la del concepto evaluativo porque se contemplan escalas de evaluación numéricas. En contraste, el presente trabajo sugiere una evaluación cualitativa a partir de palabras o conceptos de los evaluadores. Adicionalmente si se considera la estructura de composición de las competencias dentro del procesamiento de información cualitativa.

- **Hiperion: A fuzzy approach for recommending educational activities based on the acquisition of competences** [3]. Este trabajo está enfocado hacia el diseño y recomendación de actividades con el fin de ejercitar y mejorar determinadas competencias en los estudiantes de un curso virtual (e-learning). El sistema planteado en este trabajo contiene un perfil del estudiante, en donde se define el grado de importancia de actividades y competencias para cada uno de los estudiantes, además de su desempeño en cada competencia al final de cada semestre. Este desempeño se añade al perfil del estudiante a partir de operaciones de agregación definidas bajo los parámetros de la lógica difusa. Este trabajo es útil en el contexto de la implementación de la lógica difusa debido a que presenta una descripción detallada de todas las operaciones necesarias para su funcionamiento. Dentro de este sistema no se considera la valoración continua del estudiante durante el periodo académico porque su evaluación de desempeño es un campo que se agrega al finalizar el semestre, tampoco considera la estructura de composición de las competencias en el procesamiento de información. Las principales diferencias de este trabajo con la presente propuesta radican en: 1) el citado trabajo no modela la evaluación de competencias en el contexto grupal que, como se justificó en el planteamiento del problema, es un aspecto importante desde diversos contextos y que la

presente propuesta si contempla; 2) La presente propuesta si considera la estructura de composición de las competencias dentro del procesamiento de información.

- **A fuzzy Qualitative evaluation system: A multi-granular aggregation approach using compound linguistic variable** [13]. En este trabajo se propone un Sistema Difuso de Evaluación Cualitativa, cuyo objetivo principal es realizar evaluaciones de atributos cualitativos mediante variables lingüísticas difusas compuestas, una distribución normal difusa y una red analítica difusa de 5 capas que otorga la jerarquía lingüística³ necesaria para procesar toda la información. En el sistema, es de interés para el trabajo propuesto lo que se denomina “*capa de proceso de evaluación*” en la cual un experto evalúa diferentes casos de estudio, que representan el conjunto difuso y que son ingresados en el sistema, luego se determinan diferentes escalas de evaluación y se asignan términos lingüísticos difusos a estas escalas. Luego estos términos son mapeados a números difusos mediante una función difusa de distribución normal; a este proceso se ha denominado “*numerización lingüística*”. El aporte de este trabajo es netamente teórico en la definición de funciones difusas para el procesamiento de información a partir de etiquetas lingüísticas. Las diferencias de este trabajo con la presente propuesta radican en: 1) el primero tiene un enfoque genérico y no se ha puesto cercano a ningún contexto, mientras que el segundo es enfocado a la evaluación cualitativa de competencias; 2) este trabajo no se ha estructurado para ser implementado como un servicio web que permita diversificar su uso, en contraste, la presente propuesta va enfocada en ese sentido; 3) Este trabajo, a diferencia de la presente propuesta, tampoco considera la estructura de composición de competencias.
- **Modelo basado en lógica difusa para el diagnóstico cognitivo del estudiante** [18]. En este trabajo se plantea desarrollar un sistema capaz de adaptarse a las necesidades del docente para lograr una estimación en el diagnóstico cognitivo del estudiante en donde integra una metodología de computación blanda y lógica difusa. El modelo de diagnóstico utiliza 27 reglas difusas, tres variables lingüísticas de entrada y una de salida, éste realiza una estimación del nivel de conocimiento obtenido por el estudiante una vez terminada la asignatura; es importante destacar de este trabajo que para el modelo se tiene en cuenta la evolución de las notas a lo largo de todo el periodo académico, esto es esencial para obtener un resultado más preciso en la evaluación. A diferencia del trabajo relacionado, la presente propuesta tiene en cuenta la evaluación grupal de los estudiantes además del aspecto individual y considera la estructura de composición de competencias, la cual no se tiene en cuenta en el citado trabajo.

³La jerarquía lingüística, en el contexto difuso, hace referencia a qué tan específico es un término. En ese sentido, los niveles de jerarquía permiten ir de términos lingüísticos generales a específicos y viceversa.

- **Calificación de estudiantes por medio de un sistema de lógica difusa [8].** En este trabajo se propone una herramienta instrumental que acredite, promueva y valore el desempeño de los estudiantes. El aporte de éste es la implementación de un sistema de inferencia difuso para realizar la calificación del desempeño utilizando una única variable lingüística a la entrada y a la salida para tomar la decisión de aprobación para el estudiante, lo que hace al sistema más preciso y completo. A diferencia de este trabajo, en la presente propuesta se tomarán variables cualitativas como entrada a fin de no perder información y se tendrá en cuenta la estructura de composición de las competencias en la evaluación individual y grupal de actividades.
- **Sesgos en la evaluación del estudiante con bajo rendimiento. Un sistema de mejoramiento diagnóstico basado en lógica difusa [12].** En este trabajo se diseñó una metodología para mejorar los procedimientos estadísticos tradicionales, con el fin de realizar un modelo para el diagnóstico de los estudiantes quienes tienen un conocimiento muy vago para aprobar. Este modelo utiliza las evaluaciones originales como entrada (notas, conceptos), manipula números difusos y puede usar diferentes niveles de evaluación sin necesidad de desarrollar un nuevo método. Su aporte más significativo es la construcción de las expresiones o indicadores lingüísticos difusos para la evaluación a partir de la inferencia de la opinión de expertos. A diferencia del trabajo relacionado, en la presente propuesta se permite el acceso a resultados cualitativos en la evaluación grupal de actividades, además de los resultados individuales. Adicionalmente, la presente propuesta si considera la estructura de composición de las competencias dentro del procesamiento de información cualitativa, que no se tiene en cuenta en [12].
- **An iterative approach for estimation of student performances based on linguistic evaluations [102].** En este trabajo se propone un modelo optimizado para la evaluación del desempeño de los estudiantes. Su aporte más significativo es que evalúa el desempeño de tres métodos de defuzzyficación, WABL (Promedio ponderado en base a los niveles, COA (Centro de área) y MOM (Media de máximos), llegando a la conclusión que el WABL da resultados más precisos; Este método se basa en reglas de deducción lógica y se considera más general porque incluye todos los niveles lógicos. Se basa en el cálculo del valor medio de un conjunto particular de números con diferentes niveles de relevancia para la toma de decisiones [103]. A diferencia de [102], con la presente propuesta, se buscará permitir el acceso a resultados cualitativos en la evaluación de las competencias, teniendo en cuenta su estructura de composición, usando información cualitativa como datos de entrada y posibilitando el acceso a resultados de evaluaciones tanto individuales como grupales.

- **Evaluating students learning achievement based on fuzzy rules with fuzzy reasoning capability** [104]. En este trabajo se presenta un nuevo método para la evaluación de los logros de aprendizaje de los estudiantes. En este método se generan automáticamente el valor o peso de los atributos: precisión, tiempo, dificultad, complejidad, importancia. Su aporte más significativo es la construcción del método, basado en tres nodos difusos, y las reglas difusas, en donde utiliza condiciones *If-Then*, estas condiciones son un esquema de representación del conocimiento, que por naturaleza es impreciso, para describir una función [105]. Toma en cuenta el proceso de aprendizaje del estudiante. A diferencia del trabajo relacionado, en la presente propuesta se permitirá el acceso a resultados en la evaluación grupal de competencias para determinar, de manera cualitativa, el desempeño no sólo de un estudiante sino también el de un grupo de estudiantes, por lo que el método que se desea construir usa información cualitativa como entrada. Adicionalmente la presente propuesta si considera la estructura de composición de las competencias dentro del procesamiento de información cualitativa, que no se tiene en cuenta en [104].
- **A competence based evaluation and selection problem by fuzzy linguistic computing** [106]. En este trabajo se proporciona una herramienta para realizar la toma de decisiones, con el fin de seleccionar a los candidatos adecuados según sus atributos y las características de las tareas a realizar. Su principal aporte es la base de su enfoque propuesto: combina el procesamiento lingüístico de la evaluación de las competencias y el método multicriterio de toma de decisiones, *TOPSIS* (Técnica de preferencia de orden por similitud con solución ideal). Este trabajo guarda estrecha relación con [107] en el cual es de particular interés para la presente propuesta el módulo 2 en donde se hace una evaluación lingüística de las competencias requeridas por una actividad y se complementa con la agregación de las opiniones de expertos. Estos trabajos se diferencian con la presente propuesta en: 1) esta última contempla una evaluación grupal y no se centra únicamente en la evaluación individual; 2) ninguno de estos trabajos ha se ha planificado para ser implementado como un servicio web, lo que si se ha tenido en cuenta en la presente propuesta 3) La presente propuesta considera e incorpora en su funcionamiento la estructura de composición de competencias que no se considera en el trabajo referenciado.
- **Competence evaluation approach based on 2-tuple linguistic representation model** [28]. En este trabajo se propone un enfoque para la evaluación individual de competencias, desarrollado para obtener una evaluación objetiva generada por un grupo de expertos; su objetivo es proporcionar una herramienta fiable para tomar la decisión correcta en la selección o asignación de funcionarios adecuados a una tarea correspondiente a cada competencia; Su aporte más importante es el diseño sencillo de un sistema de evaluación de competencias, el cual está basado en una evaluación objetiva y verbal de dichas competencias.

A diferencia del trabajo relacionado, la presente propuesta se basa en un servicio web, en donde la evaluación es de forma grupal, además de la individual y se contempla la estructura de composición de las competencias dentro del procesamiento de información cualitativa.

- **Coalescing individual and collaborative learning to model user linguistic competences** [108]. Este trabajo se ha orientado hacia la evaluación de competencias lingüísticas en un sistema de aprendizaje individual y colaborativo de L2⁴. Para ello, se propone una metodología de modelado de las competencias lingüísticas de los estudiantes a través de redes bayesianas de alta granularidad integradas con estereotipos multidimensionales. Se modela tanto el estudiante como el grupo, mediante actividades individuales o colaborativas. El principal aporte de este trabajo es el módulo de diagnóstico I-PETERII y el módulo de diagnóstico colaborativo que se encargan del modelado tanto individual como grupal. Este trabajo también establece pautas importantes dentro del modelado de grupos, estudiantes y actividades. Además, este sistema se ha implementado como una aplicación web. Las principales diferencias de este trabajo con la presente propuesta radican en que el primero no considera el enfoque cualitativo de la evaluación de competencias ni su estructura de composición, que si se tienen en cuenta en la presente propuesta.
- **A novel Likert scale based on fuzzy sets theory** [19]. Este trabajo está enfocado a solucionar las pérdidas de información cualitativa que se producen cuando se aplica una escala de Likert⁵ en la evaluación por términos lingüísticos; para lograrlo, este trabajo propone una escala de Likert difusa. Esta escala integra la asignación de términos lingüísticos en la evaluación, con funciones de pertenencia difusas⁶, con lo que la evaluación pasa de ser una función discreta a una función continua. Este trabajo está muy relacionado con [4] en cuanto a la fuzificación de escalas de evaluación. El principal aporte de este trabajo es la metodología usada para desarrollar la escala de Likert difusa debido a que se muestra un análisis matemático completo en torno a este tema. Este trabajo se diferencia de la presente propuesta principalmente en tres aspectos: primero, este trabajo no está encaminado a la evaluación grupal, que es el enfoque principal de la presente propuesta. El segundo aspecto de diferencia radica en que este trabajo está orientado a la evaluación de acuerdo o desacuerdo con enunciados, mientras que la presente propuesta se centra en la evaluación

⁴ L2 Hace referencia al idioma no nativo (no materno) aprendido por una persona que correspondería a su segunda lengua.

⁵ Una escala de Likert es un método de evaluación sumaria que relaciona el nivel de acuerdo o desacuerdo de una persona con un enunciado. Por lo general este método mapea una serie de términos lingüísticos que indican el nivel de acuerdo o desacuerdo a una escala numérica asignándole a cada palabra un número que la represente.

⁶ Las funciones de asociación o pertenencia difusas, permiten saber qué tan cercano (o lejano) está un término dado a los términos de referencia que se han establecido para la evaluación.

cualitativa de competencias teniendo en cuenta su estructura de composición. Finalmente, este trabajo no se ha estructurado para su puesta en marcha como un servicio web, lo que si se contempla en la presente propuesta.

Anexo C

Metodologías en el desarrollo de sistemas basados en lógica difusa

En este anexo se presentan de forma gráfica las metodologías exploradas para el diseño de sistemas de lógica difusa.

C.1. Metodología para el diseño de sistemas de control difuso

En la Figura 4 se presenta la metodología presentada en [22] para el diseño de sistemas con lógica difusa (FLS). En la Figura 5 se puede observar el modelo desarrollado para la adaptación en los sistemas de lógica difusa para varias formas de señales corruptas.

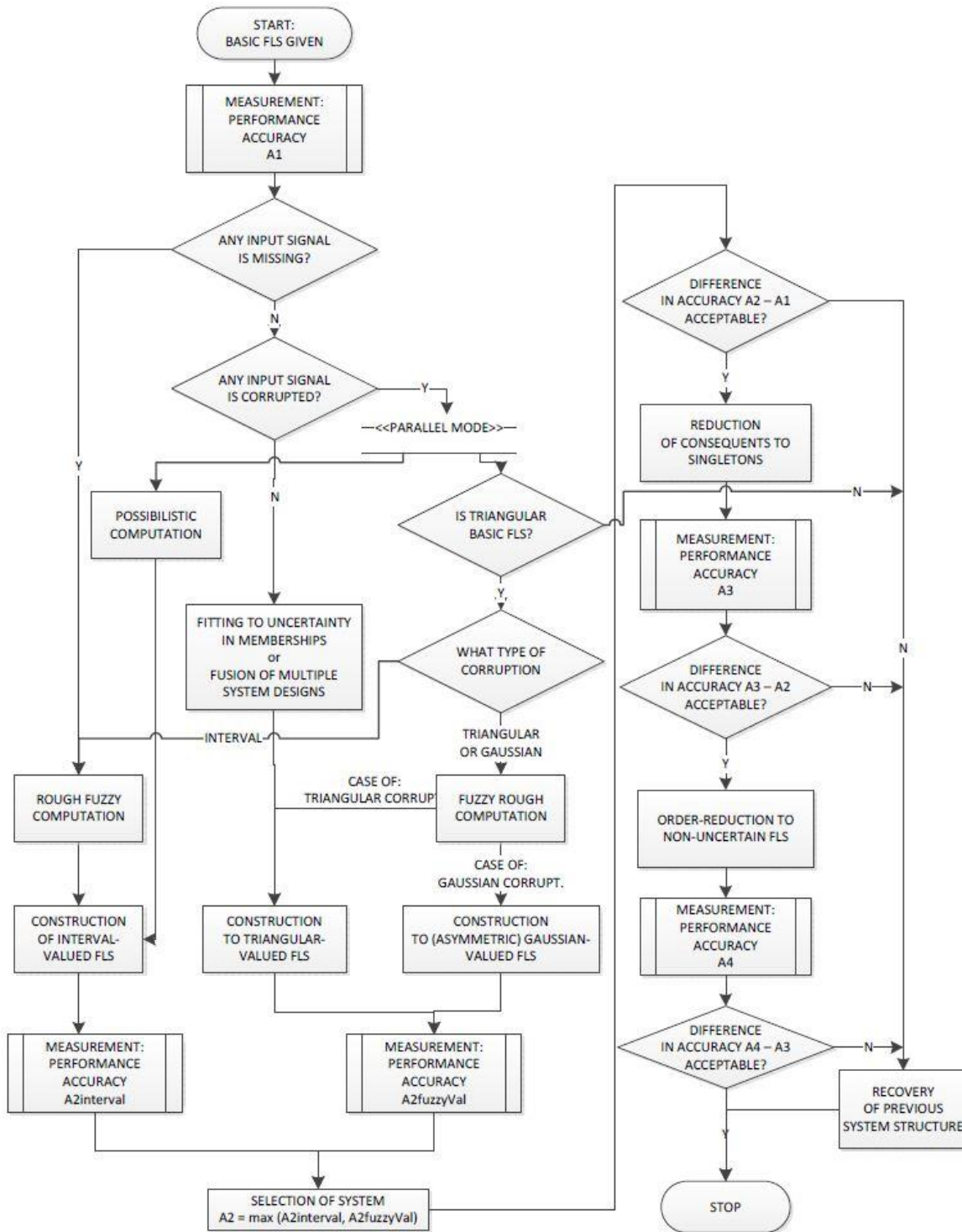


Figura 4. Metodología para el diseño de sistemas de control difuso.

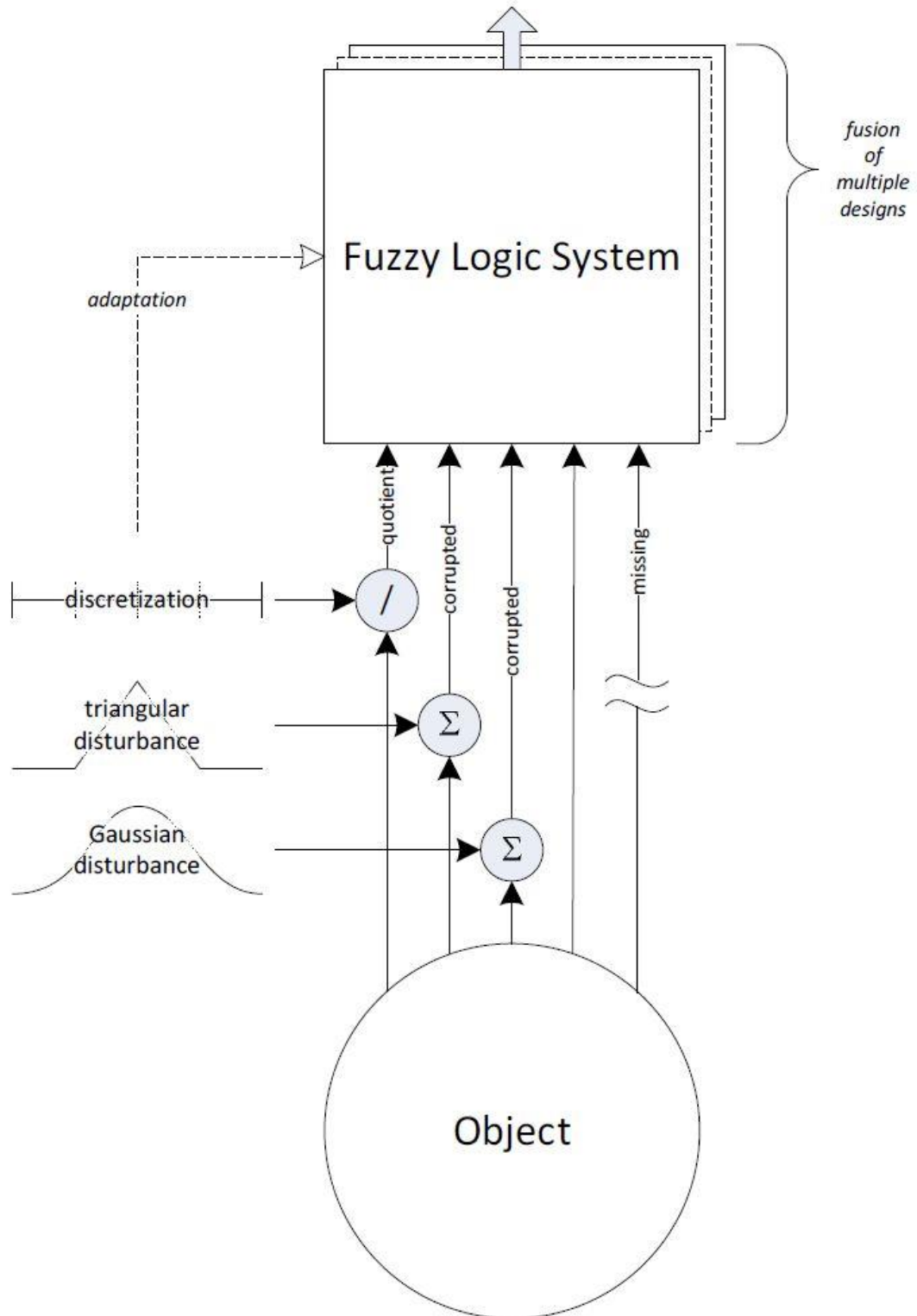


Figura 5. Adaptación de los modelos de sistemas de lógica difusa con varios tipos de señales corruptas.

C.2. Metodología para el desarrollo de modelos de inferencia en minería de datos

En la Figura 6 se puede observar la metodología propuesta por [23] y [98] para el desarrollo de un modelo de predicción basado en reglas difusas que utilizan un conjunto de datos de entrenamiento para construir una base de conocimiento.

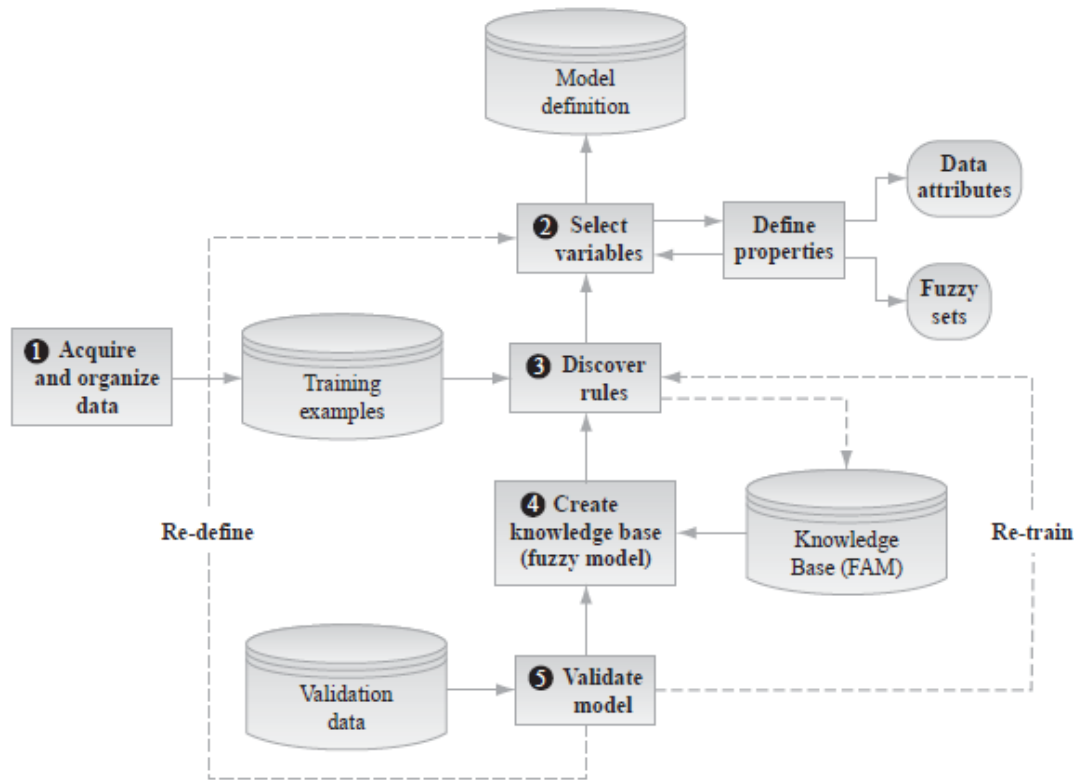


Figura 6. Metodología para el desarrollo de modelos de inferencia en minería de datos.

C.3. Metodología para la construcción de reglas difusas integrando el conocimiento de expertos

En la Figura 7 se muestra la metodología presentada en [23] para el desarrollo de sistemas basados en reglas difusas (FBRS) integrando el conocimiento de expertos.

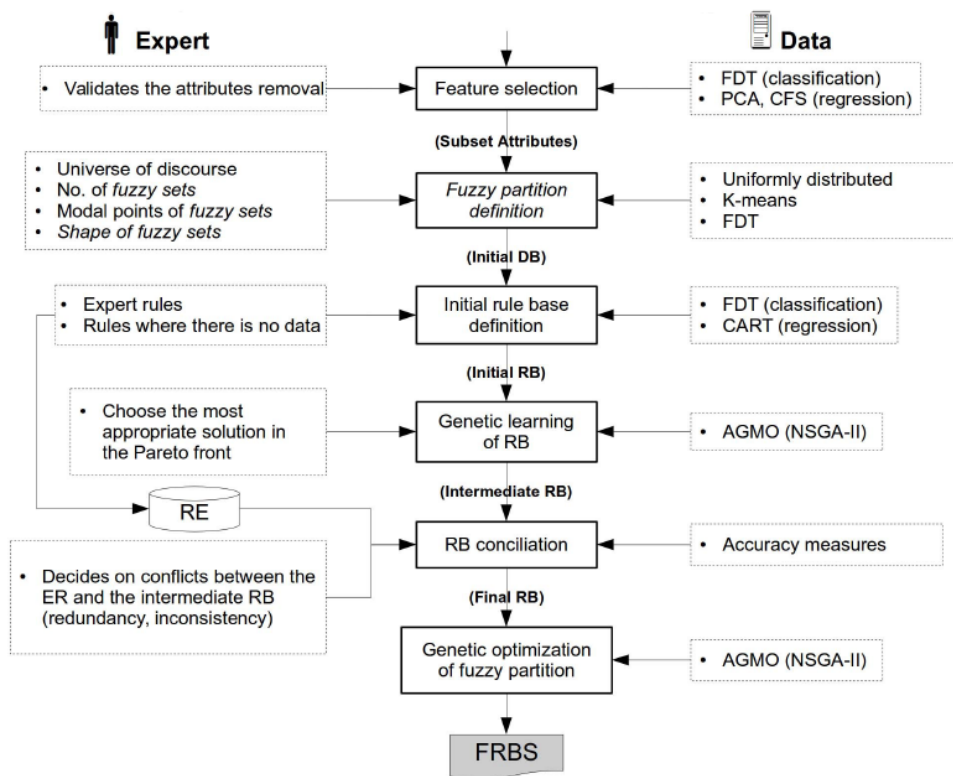


Figura 7. Metodología para la construcción de reglas difusas integrando el conocimiento de expertos.

C.4. Metodología para la construcción de sistemas de clasificación basados en reglas difusas

En la Figura 8 se puede observar la metodología presentada en [98] para obtener un conjunto de reglas difusas para sistemas de clasificación.

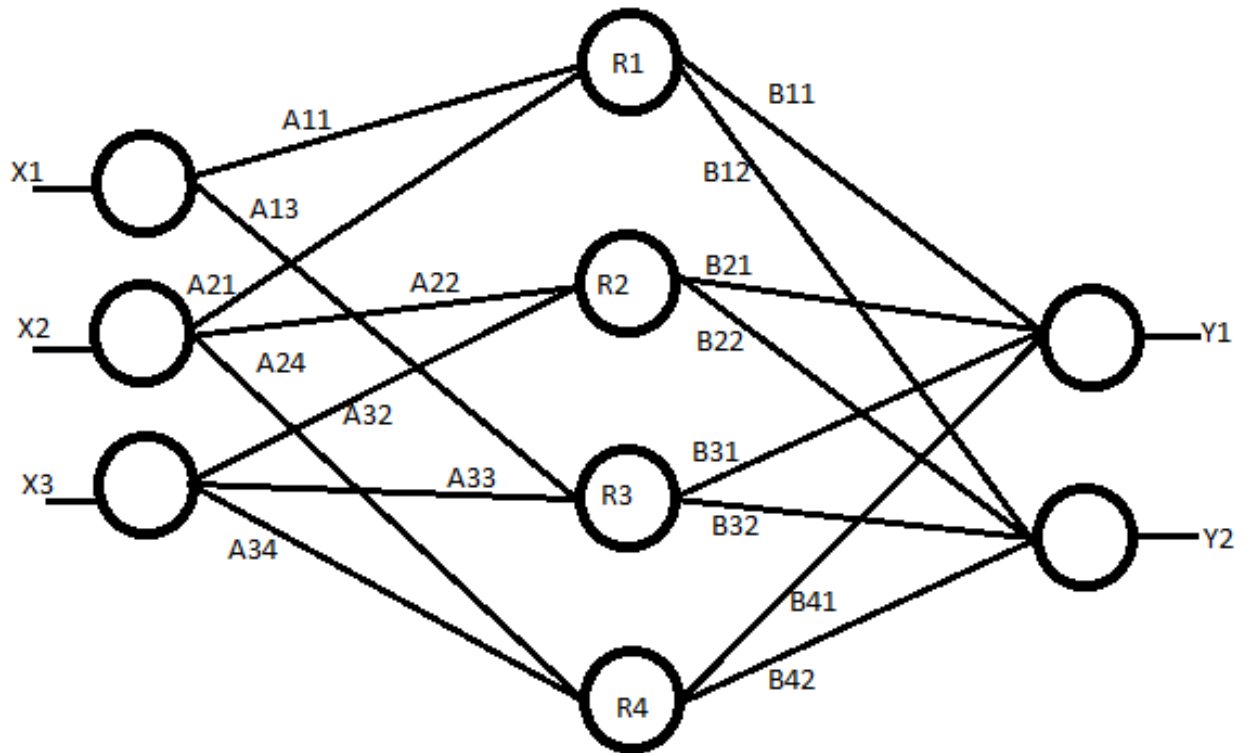


Figura 8. Metodología para la construcción de sistemas de clasificación basados en reglas difusas.

Anexo D

Árboles simulados para la evaluación de los operadores de agregación

En este anexo se presentan los árboles de competencias educativas utilizados para la elección del operador de agregación.

Para la elección del mejor operador de agregación para el presente trabajo de grado se simularon dos árboles de competencias educativas. De los resultados obtenidos de ambos árboles se pudo concluir que el operador FWA (Peso promedio ponderado difuso) es el que mejor se adapta a los criterios de diseño del presente trabajo.

El primer árbol utilizado se compone de tres competencias, cada una de ellas comprendidas por dos dimensiones. De cada dimensión se desprenden dos sub-competencias, y estas últimas están compuestas por dos indicadores. Teniendo la estructura del árbol completa se le pidió a un experto en competencias educativas de matemáticas que completara los datos del árbol, valores lingüísticos e importancias de cada nivel del árbol, para un solo estudiante.

Con lo anterior se conforma el primer árbol utilizado para la selección del operador de agregación, este se puede observar en la Figura 9.

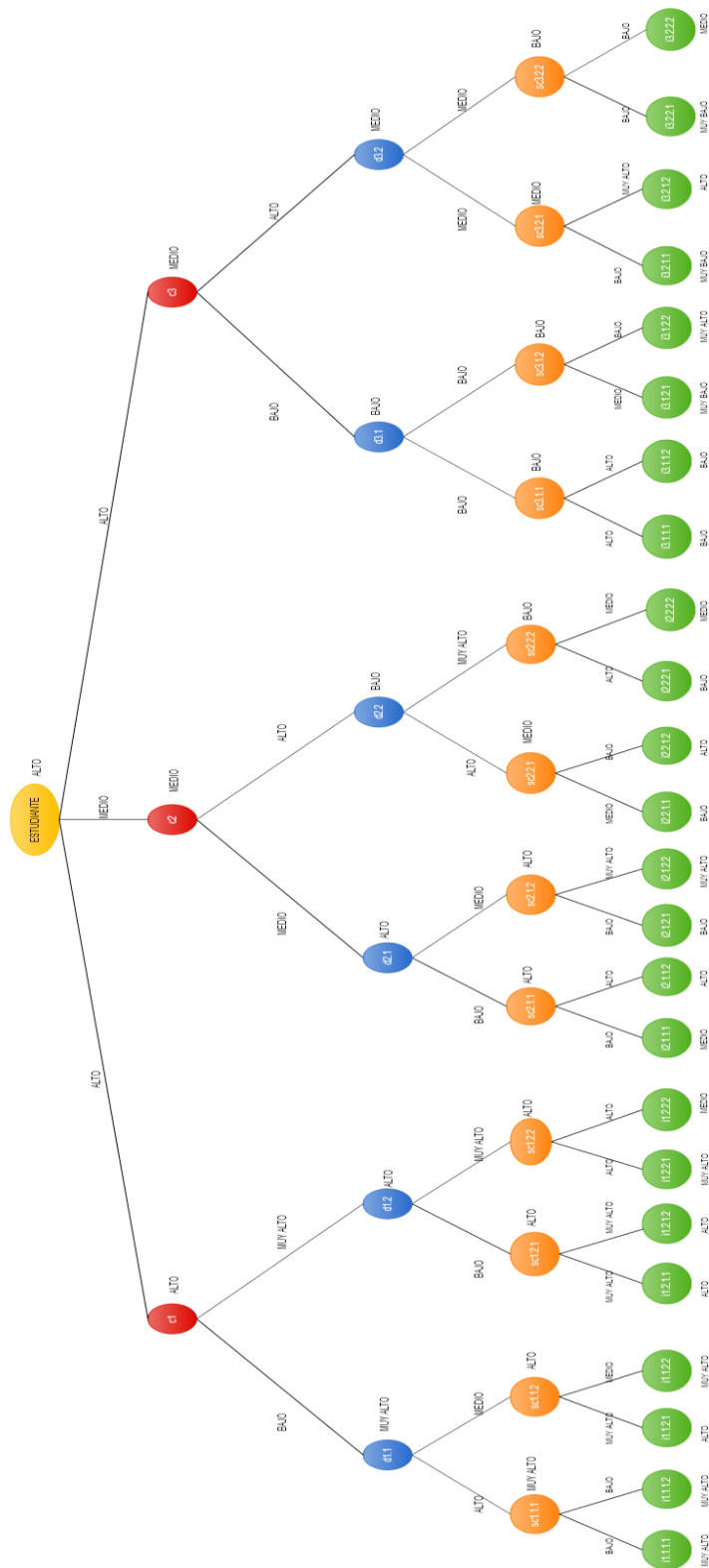


Figura 9. Primer árbol de competencias educativas utilizado.

La Tabla 2 presenta la información organizada del árbol de competencias

C	Imp	Concep Cual	D	Imp	Concep Cual	SubComp	Imp	Concep Cual	I	Imp	Concep Cual
c1	A	A	d1.1	B	MA	Sc1.1.1	A	MA	i1.1.1.1	B	MA
									i1.1.1.2	B	MA
						Sc1.1.2	M	A	i1.1.2.1	MA	A
									i1.1.2.2	M	MA
			d1.2	MA	A	Sc1.2.1	B	A	i1.2.1.1	MA	A
									i1.2.1.2	MA	A
						Sc1.2.2	MA	A	i1.2.2.1	A	MA
									i1.2.2.2	A	M
c2	M	M	d2.1	M	A	Sc2.1.1	B	A	i2.1.1.1	B	M
									i2.1.1.2	A	A
						Sc2.1.2	M	A	i2.1.2.1	B	B
									i2.1.2.2	MA	MA
			d2.2	A	B	Sc2.2.1	A	M	i2.2.1.1	M	B
									i2.2.1.2	B	A
						Sc2.2.2	MA	B	i2.2.2.1	A	B
									i2.2.2.2	M	M
c3	A	M	d3.1	A	A	Sc3.1.1	B	B	i3.1.1.1	A	B
									i3.1.1.2	A	B
						Sc3.1.2	B	B	i3.1.2.1	M	MB
									i3.1.2.2	B	MA
			d3.2	A	M	Sc3.2.1	M	M	i3.2.1.1	B	MB
									i3.2.1.2	MA	A
						Sc3.2.2	M	B	i3.2.2.1	B	MB
									i3.2.2.2	B	M

Tabla 2. Información primer árbol de competencias.

Donde:

C es la competencia,

D es la dimensión,

SubComp es la sub-competencia,

I es el indicador,

Imp es la importancia,

ConcepCual es el concepto cualitativo.

El segundo árbol utilizado fue estructurado desde un principio por el experto en competencias educativas. En este caso se evaluaron 4 estudiantes. El árbol está compuesto por una competencia de la cual se desprende una dimensión. Esta última está conformada por dos sub-competencias. La primera sub-competencia se

compone de 11 indicadores, cada uno con dos actividades. La segunda sub-competencia se compone de 4 indicadores, cada uno con dos actividades. La Figura 10 muestra la estructura realizada y los datos del primer estudiante evaluado.



Figura 10. Segundo árbol de competencias educativas utilizado, estudiante 1.

La Tabla 3 presenta la información organizada del segundo árbol de competencias utilizado.

Est	C	concep Cual	D	Imp	concep Cual	SubCom	Imp	concep Cual	I	Imp	concep Cual	A	Imp	concep Cual
1	C1	M	D1	MA	M	Sc1	MA	M	i1	MA	B	AE1	MA	B
												AE2	MA	B
									i2	M	M	AE1	MA	M
												AE2	MA	B
									i3	A	B	AE1	MA	MB
												AE2	MA	M
									i4	MA	M	AE1	MA	B
												AE2	MA	M
									i5	M	M	AE1	MA	M
												AE2	MA	M
									i6	A	M	AE1	MA	M
						AE2	MA	M						
						i7	A	MA	AE1	MA	A			
									AE2	MA	MA			
						i8	MA	B	AE1	MA	B			
									AE2	MA	M			
						i9	MA	MA	AE1	MA	A			
									AE2	MA	MA			
						i10	A	M	AE1	MA	M			
									AE2	MA	A			
						i11	MA	B	AE1	MA	B			
									AE2	MA	B			
Sc2	A	M	i8	MA	B	AE1	MA	B						
						AE2	MA	M						
			i9	A	MA	AE1	MA	A						
						AE2	MA	MA						
i10	MA	M	AE1	MA	M									
			AE2	MA	A									
i12	M	A	AE1	MA	M									
			AE2	MA	A									

Tabla 3. Información del estudiante 1 del segundo árbol de competencias.

Donde:

Est es el estudiante evaluado,

C es la competencia

D es la dimensión

SubCom es la sub-competencia

I es el indicador

A es la actividad,

Imp es la importancia de cada nivel y

ConcepCual es el concepto cualitativo.

La Figura 11 presenta el árbol para el estudiante 2 y la Tabla 4 su respectiva información organizada.

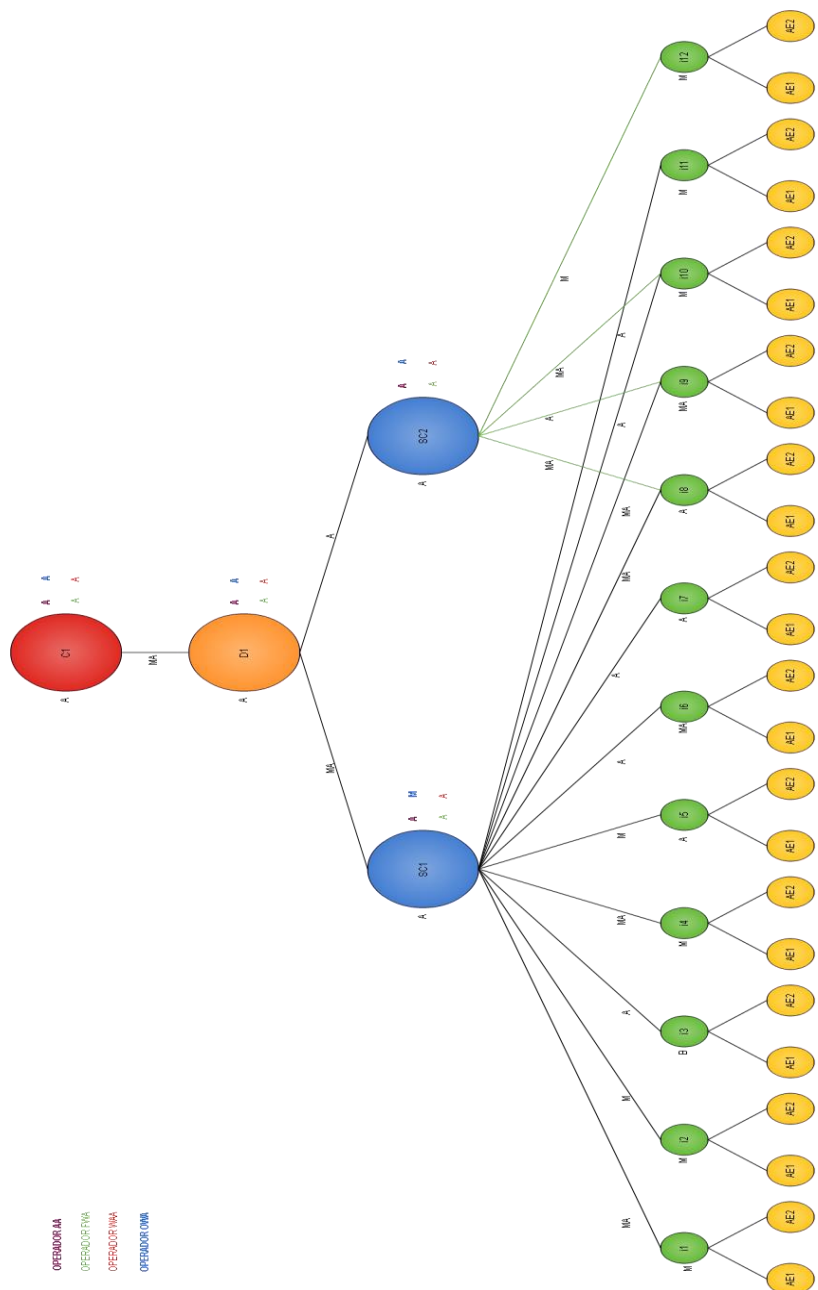


Figura 11. Árbol de competencias, estudiante 2.

Est	C	concep Cual	D	Imp	concep Cual	SubCom	Imp	concep Cual	I	Imp	concep Cual	A	Imp	concep Cual
2	C1	A	D1	MA	A	Sc1	MA	A	i1	MA	M	AE1	MA	B
												AE2	MA	M
									i2	M	M	AE1	MA	M
												AE2	MA	M
									i3	A	B	AE1	MA	B
												AE2	MA	M
									i4	MA	M	AE1	MA	M
												AE2	MA	M
									i5	M	A	AE1	MA	M
												AE2	MA	A
									i6	A	MA	AE1	MA	A
												AE2	MA	MA
						i7	A	A	AE1	MA	A			
									AE2	MA	A			
						i8	MA	A	AE1	MA	M			
									AE2	MA	A			
						i9	MA	MA	AE1	MA	MA			
									AE2	MA	MA			
						i10	A	M	AE1	MA	M			
									AE2	MA	M			
						i11	MA	M	AE1	MA	M			
									AE2	MA	M			
						Sc2	A	A	i8	MA	A	AE1	MA	M
												AE2	MA	A
i9	A	MA	AE1	MA	MA									
			AE2	MA	MA									
i10	MA	M	AE1	MA	M									
			AE2	MA	M									
i12	M	M	AE1	MA	A									
			AE2	MA	M									

Tabla 4. Información del estudiante 2 del segundo árbol de competencias.

La Figura 12 presenta el árbol para el estudiante 3 y la Tabla 5 su respectiva información organizada.

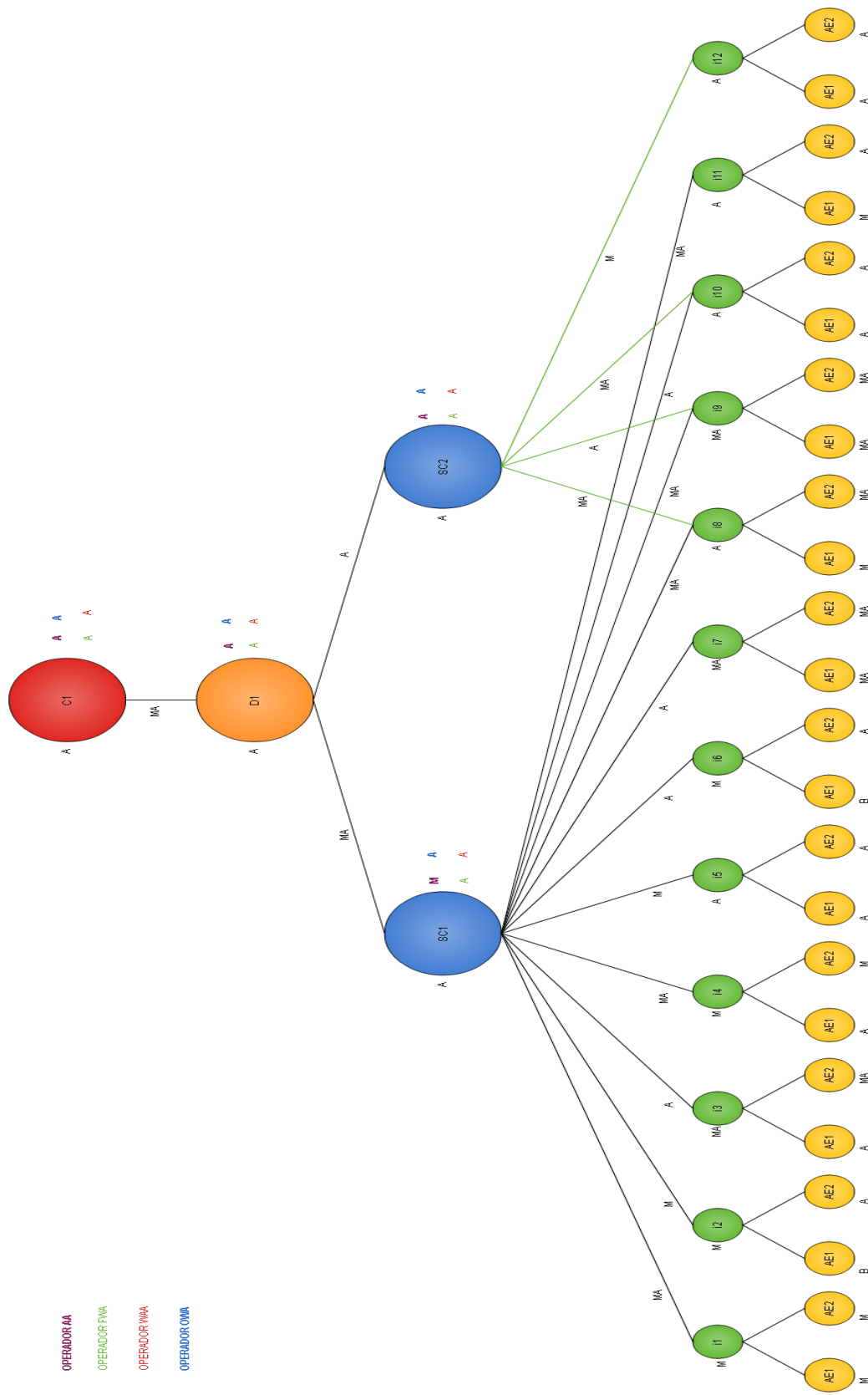


Figura 12. Árbol de competencias, estudiante 3.

Est	C	concep Cual	D	Imp	concep Cual	SubCom	Imp	concep Cual	I	Imp	concep Cual	A	Imp	concep Cual
3	C1	A	D1	MA	A	Sc1	MA	A	i1	MA	M	AE1	MA	M
												AE2	MA	M
									i2	M	M	AE1	MA	B
												AE2	MA	A
									i3	A	MA	AE1	MA	A
												AE2	MA	MA
									i4	MA	M	AE1	MA	A
												AE2	MA	M
									i5	M	A	AE1	MA	A
												AE2	MA	A
									i6	A	M	AE1	MA	B
												AE2	MA	A
						i7	A	MA	AE1	MA	MA			
									AE2	MA	MA			
						i8	MA	A	AE1	MA	M			
									AE2	MA	MA			
						i9	MA	MA	AE1	MA	MA			
									AE2	MA	MA			
						i10	A	A	AE1	MA	A			
									AE2	MA	A			
						i11	MA	A	AE1	MA	M			
									AE2	MA	A			
						Sc2	A	A	i8	MA	A	AE1	MA	M
												AE2	MA	MA
i9	A	MA	AE1	MA	MA									
			AE2	MA	MA									
i10	MA	A	AE1	MA	A									
			AE2	MA	A									
i12	M	A	AE1	MA	A									
			AE2	MA	A									

Tabla 5. Información del estudiante 3 del segundo árbol de competencias.

La Figura 13 presenta el árbol para el estudiante 4 y la Tabla 6 su respectiva información organizada.

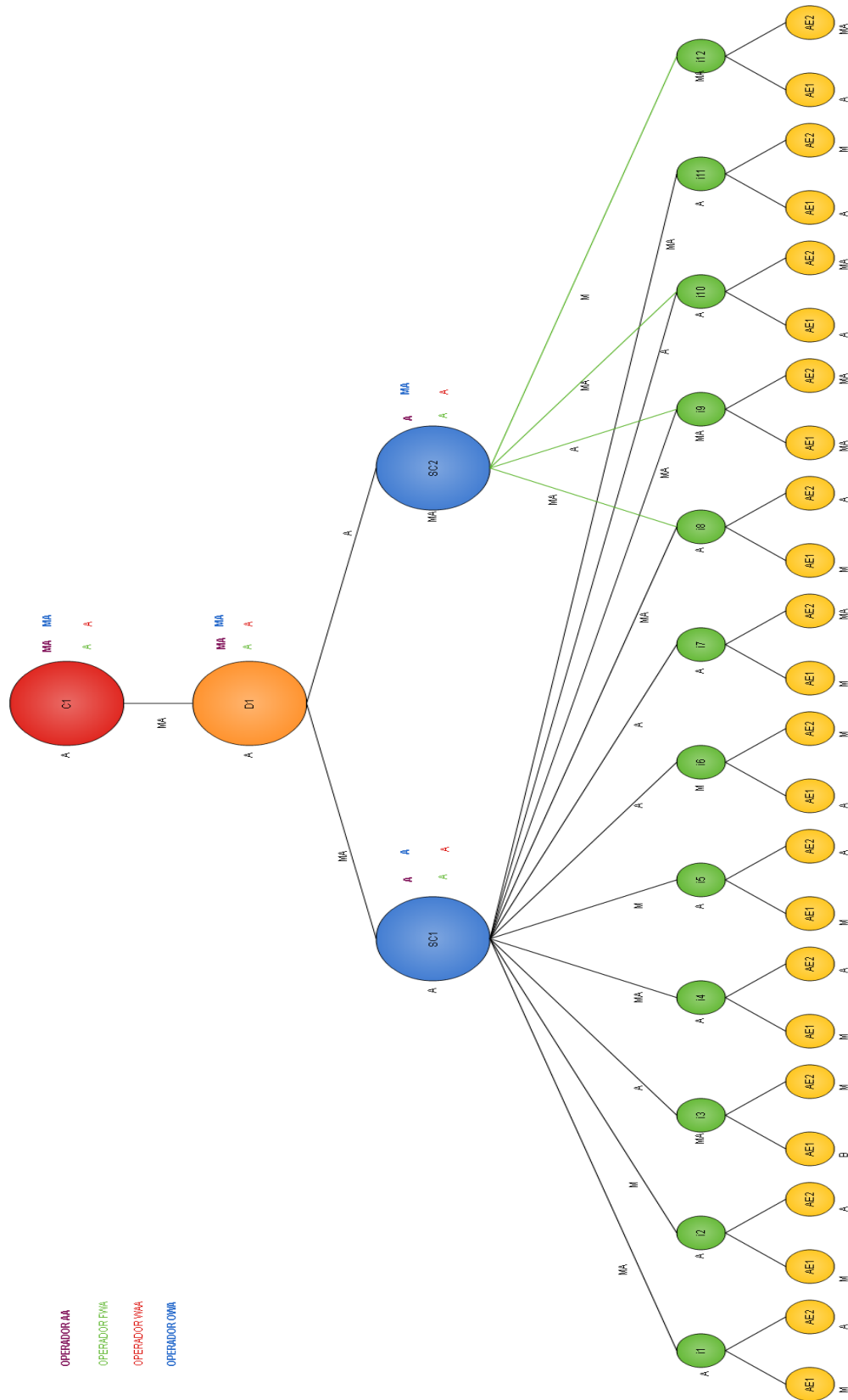


Figura 13. Árbol de competencias, estudiante 4.

Est	C	concep Cual	D	Imp	concep Cual	SubCom	Imp	concep Cual	I	Imp	concep Cual	A	Imp	concep Cual
4	C1	A	D1	MA	A	Sc1	MA	A	i1	MA	A	AE1	MA	M
												AE2	MA	A
									i2	M	A	AE1	MA	M
												AE2	MA	A
									i3	A	MA	AE1	MA	B
												AE2	MA	M
									i4	MA	A	AE1	MA	M
												AE2	MA	A
									i5	M	A	AE1	MA	M
												AE2	MA	A
						i6	A	M	AE1	MA	A			
									AE2	MA	M			
						i7	A	A	AE1	MA	M			
									AE2	MA	M			
						i8	MA	A	AE1	MA	M			
									AE2	MA	A			
						i9	MA	MA	AE1	MA	MA			
									AE2	MA	MA			
						i10	A	A	AE1	MA	A			
									AE2	MA	MA			
i11	MA	A	AE1	MA	A									
			AE2	MA	M									
Sc2	A	MA	i8	MA	A	AE1	MA	M						
						AE2	MA	A						
			i9	A	MA	AE1	MA	MA						
						AE2	MA	MA						
i10	MA	A	AE1	MA	A									
			AE2	MA	MA									
i12	M	MA	AE1	MA	A									
			AE2	MA	MA									

Tabla 6. Información del estudiante 4 del segundo árbol de competencias.

Anexo E

Selección de herramientas software

En este anexo se describen las herramientas software que se consideran relevantes para la implementación de un prototipo web de acuerdo al diseño preliminar de la arquitectura desarrollada en el Capítulo 5.

E.1. Descripción de las herramientas software

Las herramientas software se dividieron en cuatro categorías: 1) Lenguajes de programación, el lenguaje que se utilizara para desarrollar el código de todo el prototipo. 2) Entornos de desarrollo, la plataforma sobre la cual se desarrollará toda la arquitectura del servicio. 3) Sistemas de gestión de base de datos, la cual se usará para el desarrollo de la base de datos del sistema de procesamiento de información cualitativa. Finalmente, 4) Tipos de servicios web, la forma en que se implementará el servicio web.

E.1.1. Lenguajes de programación

a. Java

Es un lenguaje de programación rápido, seguro y fiable. Hay muchas aplicaciones y sitios web con java, desde portátiles hasta centros de datos, desde consolas para

juegos hasta súper-computadoras, desde teléfonos móviles hasta internet, java está en todas partes. Probado, ajustado y ampliado por toda una comunidad de desarrolladores; diseñado para permitir el desarrollo de aplicaciones portátiles de alto rendimiento para diferentes plataformas informáticas [109].

b. PHP

Es un lenguaje de programación de código abierto, bastante popular, adecuado para el desarrollo web. Se utiliza para crear páginas web dinámicas; con este se puede procesar información de formularios, generar páginas con contenido dinámico, enviar y recibir cookies. Entre sus principales virtudes se encuentra la creación de imágenes a partir de datos, puede utilizar y presentar resultados en otros tipos de datos propios de los desarrollos web, como XHTML. Puede interactuar con otros servidores usando cualquier protocolo [110].

c. Python

Lenguaje de programación orientado a objetos, es claro y potente. Entre sus características más notables están: Una sintaxis elegante, esta permite una fácil lectura de su código; lenguaje fácil de usar, esto permite que la programación sea simple; corre sobre diferentes sistemas operativos; es fácilmente extensible. Python es un lenguaje de programación multiparadigma, esto permite que los desarrolladores programen en diferentes estilos: Orientado a objetos, imperativa y programación funcional [111].

d. Ruby

Es un lenguaje de programación dinámico y de código abierto. Está enfocado en la simplicidad y productividad. En Ruby, todo es un objeto; se puede asignar propiedades y acciones a toda información y código. Este lenguaje de programación es bastante flexible, intenta no restringir al desarrollador [112].

E.1.2. Entornos de desarrollo

a. Eclipse

Es una plataforma de desarrollo, diseñada con el fin de ser extendida indefinidamente mediante *plugins*. Pensada para que se convirtiera en una plataforma de integración de herramientas de desarrollo; no tiene un lenguaje en específico lo que lo hace un IDE (*Integrated Development Environment*) genérico [113].

Proporciona herramientas para la gestión de espacios de trabajo, escribir, ejecutar, desplegar y depurar aplicaciones. Sus principales características son: 1) Perspectivas, editores y vistas, que es la pre-configuración de ventanas y editores que se relacionan entre sí. 2) Gestión de proyectos, el IDE proporciona asistentes y ayudas para la creación de proyectos. 3) Depurador de código, el IDE incluye un potente depurador que ayuda a mejorar el código, este es fácil e intuitivo. 4) Extensa colección de *plugins*, existen gran cantidad de *plugins* disponibles para realizar diferentes tipos de trabajos [113].

b. Netbeans

Es un entorno de desarrollo de código abierto. Permite el uso de diferentes tecnologías de desarrollo tanto para aplicaciones de escritorio, web o móviles. No tiene un lenguaje de programación en específico, da soporte a diferentes tecnologías entre ellas Java, PHP, Groovy, HTML5. Puede instalarse en varios sistemas operativos incluyendo Windows y Linux [114].

Sus principales características son: 1) Asistentes para la creación y configuración de proyecto. 2) Editor de código, multilinguaje; proporciona sugerencias de código, control de versiones, localización de clases, comprobaciones sintácticas. 3) Gestión de grandes proyectos con el uso de diferentes vistas. 4) Depurador de errores para encontrar algún fallo en el código definiendo puntos de ruptura. 5) Acceso a base de datos, Netbeans permite conectarse a diferentes gestores de base de datos, ver las tablas, realizar consultas, modificaciones, todo lo anterior integrado en el propio IDE. Finalmente, 5) Servidores de aplicaciones, permite gestionar desde el propio IDE diferentes servidores de aplicación (Apache Tomcat, GlassFish, JBoss) [114].

c. Django

Es un *framework* web de alto nivel de Python, es de código abierto. Fomenta el diseño pragmático, el desarrollo rápido y limpio. Entre sus características sobresalen tres, 1) Es bastante rápido, diseñado para ayudar a los desarrolladores a llevar a cabo el concepto de realización lo más pronto posible. 2) Seguridad, proporciona ayudas al desarrollador para evitar errores en la seguridad. Finalmente, 3) Permite una rápida escalabilidad y flexibilidad [115].

d. Rails

Es un *framework* que se pensó para el diseño de aplicaciones web, de código abierto. Está optimizado para la satisfacción de los desarrolladores y para la productividad sostenible. Está compuesto por librerías, automatismos y

convenciones que se destinan a resolver problemas comunes en el momento de desarrollar una aplicación web, por lo que el desarrollo se enfoca en aspectos principales del sistema y no en problemas recurrentes [116].

E.1.3. Sistemas de gestión de base de datos

Las bases de datos son contenedores que permiten almacenar información de una manera ordenada para diferentes propósitos y usos [117]. Cada base de datos tiene un modelo para estructurar la información; en los últimos años ha surgido un nuevo término, NoSQL (bases de datos no relacionales), que ha hecho competencia con las bases de datos relacionales (RDBMS) que han sido usadas por más de 20 años.

De acuerdo con [118], la primera consideración que se debe tener en cuenta para elegir una base de datos relacional o NoSQL es la naturaleza de los datos. Si esta última tiene una estructura tabular simple es apropiado utilizar RDBMS pero si la estructura es más compleja, como es el caso de los datos del presente trabajo de grado, es adecuado usar bases de datos NoSQL. Cuando los datos necesitan anidación y presentan jerarquías de varios niveles, estos se representan fácilmente mediante la notación de objetos Java Script (JSON) que es utilizado por varias bases de datos NoSQL. Las bases de datos no relacionales presentan mejor desempeño en la velocidad de codificación, agilidad en el proceso de creación de aplicaciones, escalabilidad, rendimiento y disponibilidad [118], [119].

Por lo anterior, en el presente trabajo se opta por trabajar con bases de datos NoSQL. A continuación se describen tres de las bases de datos NoSQL más conocidas: MongoDB, DynamoDB y Cassandra.

a. MongoDB

Es una base de datos orientada a documentos, esto implica que los datos son guardados en documentos y no en registros, los datos son almacenados en BSON (representación binaria de JSON) [120]. No sigue un esquema estricto, es escalable y de alto rendimiento, rápida y sencilla en la funcionalidad que ofrece. Es la “MySQL de las bases de datos NoSQL” [121]. Sus características principales son: 1) Almacenamiento orientado a documentos; 2) soporte *full index*, índices sobre cualquier atributo; 3) Replicación y alta disponibilidad; 4) *Auto-Sharding*, escalabilidad horizontal; 4) Consultas rápidas de lectura y escritura básicas; 5) Agregación flexible y procesamiento de datos; 6) Almacena archivos de cualquier tamaño sin tener problema con el *stack* [121].

b. DynamoDB

Es una base de datos de clave-valor, en tuplas contiene una clave y su valor; cuando se desea hacer una consulta, sólo se busca la clave para obtener el valor almacenado. Construida por Amazon Web Services. Sus principales características son: 1) Los datos se almacenan en discos de estado sólido, por lo que el acceso a los datos es más rápido. 2) No tiene un esquema fijo, cada elemento de datos puede tener un número diferente de atributos [122].

c. Cassandra

Es una base de datos orientada a columnas, realiza consultas y agregaciones sobre grandes cantidades de datos [123]. Es utilizada por Cisco, Twitter, Facebook. Sus principales características son: 1) Índices secundarios, es una manera de almacenamiento local eficiente para consultar datos mediante nodos en el lado del cliente. 2) Amplia fila de apoyo, hasta dos millones de columnas por fila. 3) Cambios de esquema en línea automatizada, permiten agregar y modificar las definiciones de objeto sin necesidad de reiniciar un clúster [124].

E.1.4. Tipos de servicios web

A nivel técnico existen dos maneras de implementar un servicio web: Servicios web basados en SOAP y servicios web basados en REST [125].

a. Servicios web basados en SOAP

Estos servicios web utilizan mensajes XML, que siguen el estándar SOAP (*Simple Object Access Protocol*) para intercomunicarse. Este tipo de servicios contienen una descripción de las operaciones que ofrece legibles por la máquina, dicha descripción es escrita en WSDL (*Web Services Description Language*) [125].

Entre sus características principales se tiene: 1) Las operaciones son definidas como puertos WSDL; 2) Dirección única para todas las operaciones; 3) Múltiple instancias del proceso; 4) Comparten la misma operación; 5) Componentes fuertemente acoplados. Sus mayores ventajas son: 1) Fácil de utilizar; 2) La depuración es posible; 3) Las operaciones complejas pueden ser escondidas detrás de una fachada; 4) Incrementa la privacidad [126].

b. Servicios web basados en REST

Estos servicios son utilizados generalmente en escenarios de integración básica *ad-hoc*. Utilizan estándares conocidos, tales como HTTP, SML, URI; su infraestructura es “ligera” permitiendo construir servicios usando herramientas de forma mínima [125].

Sus principales características son: 1) Las operaciones se definen en los mensajes; 2) Una dirección única para cada instancia del proceso; 3) Cada objeto soporta las operaciones estándares definidas; 4) Componentes débilmente acoplados. Entre sus mayores ventajas declaradas se tienen: 1) Bajo consumo de recursos; 2) Las instancias del proceso son creadas explícitamente; 3) El cliente no necesita información de enrutamiento a partir de la URI inicial; 4) Generalmente fácil de construir y adoptar [126].

E.2. Criterios de selección

Para la selección de las herramientas software más apropiadas para la implementación del prototipo de servicio web, se tuvieron en cuenta algunos criterios de selección para cada categoría, presentadas en la sección anterior. A continuación se definen cada uno de los criterios.

E.2.1. Criterios de selección para lenguajes de programación

a. Rendimiento

Función de interacción entre el código escrito, la base de datos y el servicio web a implementar.

b. Escalabilidad

Capacidad de adaptarse a medida que el desarrollo del proyecto va creciendo.

c. Documentación disponible

Fácil acceso a documentación y comunidades de desarrollo donde se obtenga mayor información acerca del lenguaje.

d. Conectividad

Buena relación entre el lenguaje y el sistema de gestión de base de datos.

e. Curva de aprendizaje

Posibilidad de que el aprendizaje sea mínimo, rápido y sencilla la estructura del lenguaje.

Para la selección del lenguaje de programación adecuado para la implementación del prototipo se le dio un porcentaje a cada criterio, cada lenguaje se evaluó de 0 a 5, donde 0 indica que el lenguaje no cumple con el criterio y 5 que lo cumple con rigor. La Tabla 7 muestra el resultado de cada lenguaje, seleccionando, en verde, el lenguaje Java que tuvo mayor puntaje.

Lenguaje	Rendimiento 25%	Escalabilidad 30%	Documentación disponible 10%	Conectividad 15%	Curva de aprendizaje 20%	Total 100%
Java	4,5	4,5	4,5	4,5	5	4,6
PHP	3	4	4	3,5	4,5	3,8
Python	3	3	4	3,5	4,5	3,5
Ruby	4	3	3	5	3,5	3,7

Tabla 7. Selección lenguaje de programación.

E.2.2. Criterios de selección para entornos de desarrollo

a. Compatibilidad

Facilidad de comunicación con el gestor de base de datos y apto para construir servicios web.

b. Disponibilidad de librerías

Contar con librerías de serie que mantengan el entorno actualizado, y librerías que ayuden en la conexión a base de datos.

c. Coexistencia con el lenguaje de programación

Apto para trabajar con el lenguaje Java en buen rendimiento y calidad.

d. Documentación disponible

Fácil acceso a información y comunidades de desarrollo que ayuden a resolver problemas.

e. Curva de aprendizaje

Tiempo requerido para el aprendizaje del manejo del entorno de desarrollo mínimo, rápido y sencillo.

Al igual que la selección del lenguaje de programación, se dio porcentajes a cada uno de los criterios ya mencionados y se evaluó de 0 a 5 cada entorno de desarrollo. De ahora en adelante se utilizará la misma medida para las categorías restantes. La Tabla 8 presenta el resultado de la evaluación de cada IDE, seleccionando NetBeans, en verde, como entorno de desarrollo con mayor puntaje.

IDE	Compatibilidad 20%	Disponibilidad de librerías 15%	Coexistencia lenguaje de programación 35%	Documentación disponible 10%	Curva de aprendizaje 20%	Total 100%
Eclipse	4	3	5	5	4	4,3
NetBeans	4,5	4,5	5	4,5	5	4,8
Django	4	3,5	2	3,5	3,5	3,1
Rails	4,5	3,5	1,5	3,5	3	2,9

Tabla 8. Selección entorno de desarrollo.

E.2.3. Criterios de selección para sistema de gestión de base de datos

a. Comunidad de desarrollo

Soporte por comunidades de desarrolladores experimentados, procurando que la base de datos sea openSource.

b. Escalabilidad

Capacidad de adaptarse sin perder calidad, preparada para crecer continuamente sin afectar sus servicios.

c. Gestión de usuario

Es capaz de realizar operaciones de creación, eliminación, actualización y lectura.

d. Curva de aprendizaje

Aprendizaje de la estructura de la información de la base de datos es rápida y sencilla.

La Tabla 9 presenta el resultado de la evaluación de cada sistema de gestión de base de datos, seleccionando MongoDB, en verde, como base de datos con mayor puntaje. En este sentido, el servidor en la nube para el almacenamiento de información se selecciona MLab, que es el *hosting* de MongoDB.

Lenguaje	Comunidad de desarrollo	Escalabilidad	Gestión de usuario	Curva de aprendizaje	Total
	25%	35%	20%	20%	100%
MongoDB	4,5	4,5	4,5	5	4,6
DynamoDB	2,5	4,5	4,5	3	3,7
Cassandra	2,5	4,5	4,5	3	3,7

Tabla 9. Selección sistema de gestión de base de datos.

E.2.4. Criterios de selección para tipo de servicios web

a. Estándar

Es necesario que el tipo de servicio web este estandarizado, así es posible encontrar más documentación sobre él y obtener una mejor descripción del sistema.

b. Documentación disponible

Obtener información sobre solución a problemas y dificultades que se presenten en el tipo de servicio web.

c. Compatibilidad con JSON

Para estar en afinidad con la base de datos escogida y el servidor de datos en la nube, es necesario que el servicio sea compatible con JSON.

d. Flujo de eventos orquestados

En la necesidad de describir y entender de buena manera el servicio web, es necesario que el flujo de sus procesos sea orquestado para que haya una descripción de todas sus acciones de comunicación e internas.

e. Curva de aprendizaje

El aprendizaje del tipo de servicio web debe ser sencillo y el tiempo requerido para ello deberá ser mínimo.

La Tabla 10 presenta el resultado de la evaluación de los tipos de servicios web, seleccionando Servicios Web basados en SOAP, en verde, como tipo de servicio con mayor puntaje.

Servicios web	Estándar	Documentación disponible	Compatibilidad con JSON	Flujo de eventos orquestados	Curva de aprendizaje	Total
	10%	20%	25%	25%	20%	100%
SOAP	5	4,5	4,5	5	4,5	4,7
REST	4	4	3,5	3	2,5	3,3

Tabla 10. Selección Tipo de servicio web.

Anexo F

Desarrollo de las pruebas

En este anexo se presenta la especificación de las pruebas realizadas para realizar la evaluación del desempeño del método computacional. Inicialmente presenta la política de pruebas, posteriormente se presenta la estrategia de las pruebas, finalmente, el proceso de gestión de planeación de las pruebas (planificación, control y seguimiento, establecimiento de métricas). En conjunto se presenta la metodología para el desarrollo de las pruebas.

F.1. Metodología de las pruebas

La metodología de pruebas del método computacional se basa en el modelo de pruebas expuesto por IEEE 29119 [64] incluyendo algunas fases de la anterior versión del modelo de pruebas unitarias IEEE 1008 [63]. La Figura 14 y Figura 15 presentan los respectivos modelos de pruebas.



Figura 14. Modelo de pruebas de sistema- IEEE 29119.

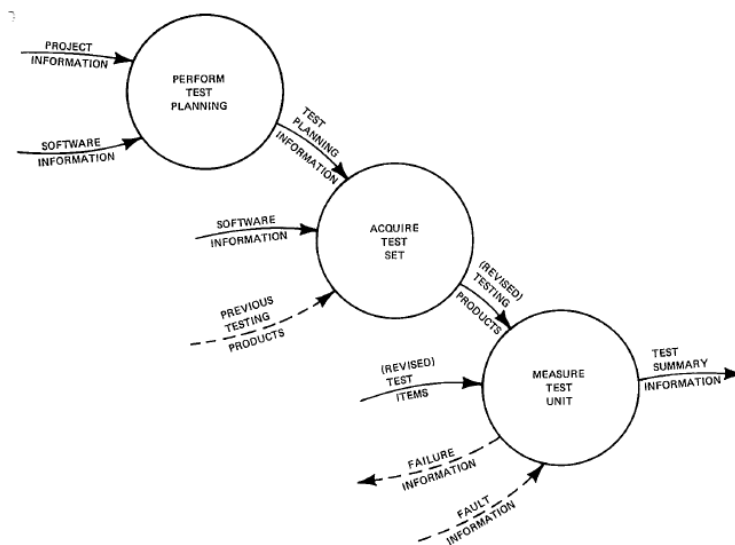


Figura 15. Modelo de pruebas unitarias- IEEE 1008.

A partir de estos dos modelos se construye la metodología de pruebas a la que se va a someter el método computacional para el procesamiento de información cualitativa desarrollado en los capítulos anteriores. La Figura 16 muestra la metodología de pruebas conformada.



Figura 16. Metodología aplicada en las pruebas.

Se realizaron dos tipos de pruebas: 1) **pruebas funcionales** encaminadas a garantizar que el prototipo cumpla estrictamente con todas las funcionalidades planeadas en el método, sin errores que pudieran afectar los resultados de las pruebas de desempeño dirigidas a medir la eficiencia del método computacional. 2) **pruebas de desempeño** que, como se dijo anteriormente, estaban encaminadas a medir la eficiencia del método en torno a dos métricas: la semejanza y el nivel de precisión, entre los resultados obtenidos por el método de un lado y a través de un grupo de expertos por el otro. La descripción de las fases de la metodología bajo la cual se desarrollaron las pruebas se relaciona en la Tabla 11.

Fase	Subfase	Componentes	Descripción
Especificación de las pruebas	Políticas de Pruebas	Objetivos de la prueba	Describe el propósito general de las pruebas [65]
		Alcance de la prueba	Qué se va a hacer en las pruebas [65]
		Organización de la estructura de las pruebas	Identifica los roles y las jerarquías en la organización de las pruebas [65]
		Entrenamiento del equipo de pruebas	Establece los conocimientos mínimos y el entrenamiento necesario del equipo de pruebas [63]
	Estrategia de Pruebas	Procesos de pruebas	Describe el modelo de procesos que siguen las pruebas. [64]
		Personal de las pruebas	Describe el perfil de quienes participaron en la prueba [64]

		Productos de las pruebas	Describe los productos finales de las pruebas [63]	
		Técnicas de las pruebas	Describe las técnicas usadas en las pruebas [64]	
		Herramientas de las pruebas	Describe las herramientas usadas en las pruebas	
Gestión de planeación de las pruebas	Planeación	Actividades Para las pruebas	Establecimiento de todas las actividades a realizar en las pruebas [65]	
		Programa de pruebas	Establecimiento del orden jerárquico de las actividades y su programación respectiva [64],	
	Control y seguimiento	Identificación y valoración de riesgos	Caracterización de los riesgos encontrados [64]	
		Estrategias de mitigación del riesgo	Descripción de las estrategias de mitigación a los riesgos encontrados [64]	
	Establecimiento de métricas	Justificación	De las métricas con base en los objetivos de las pruebas [65]	
		Descripción	De las métricas usadas [65]	
		Mecanismos de recolección de métricas	Descripción de los mecanismos [64]	
	Gestión de ejecución de las pruebas	Diseño de las pruebas	Requisitos de las pruebas	Logística previa de cada prueba [64]
			Preparación del entorno	Consideraciones previas a cada prueba [65]
Pruebas individuales			Listado y descripción de las pruebas individuales [63]	
Pruebas grupales			Listado y descripción de las pruebas grupales [64]	
Ejecución		Especificación de casos de estudio	Descripción de los casos de estudio de las pruebas [63]	
		Especificación de procedimientos del test	Especificación del orden de ejecución de las pruebas [64]	
Gestión de los resultados		Recolección y organización de los resultados	Presentación de los resultados estadísticos de las pruebas de desempeño [65]	
		Análisis de los resultados	Conclusiones preliminares a partir de la observación de los resultados [65]	
		Conclusiones a partir del análisis.	Descripción de las conclusiones de la etapa de pruebas [65]	

Tabla 11. Fases de las pruebas de acuerdo a la metodología.

F.2. Especificación de las pruebas

F.2.1. Políticas de pruebas

a. Organización de la estructura de las pruebas

La estructura de las pruebas está compuesta por dos actores: Los coordinadores de las pruebas y el grupo de expertos. Los coordinadores de las pruebas se encargan de guiar el proceso de pruebas, aclarar las dudas que surjan dentro del mismo garantizar la logística necesaria para llevar a cabo las pruebas y recolectar y organizar los resultados finales. Por otra parte, los expertos se encargan de generar árboles de competencias a partir de su experticia y conocimiento específico en los procesos de evaluación de competencias educativas tanto individuales como grupales. La Figura 17 muestra gráficamente la jerarquía de la organización de las pruebas.

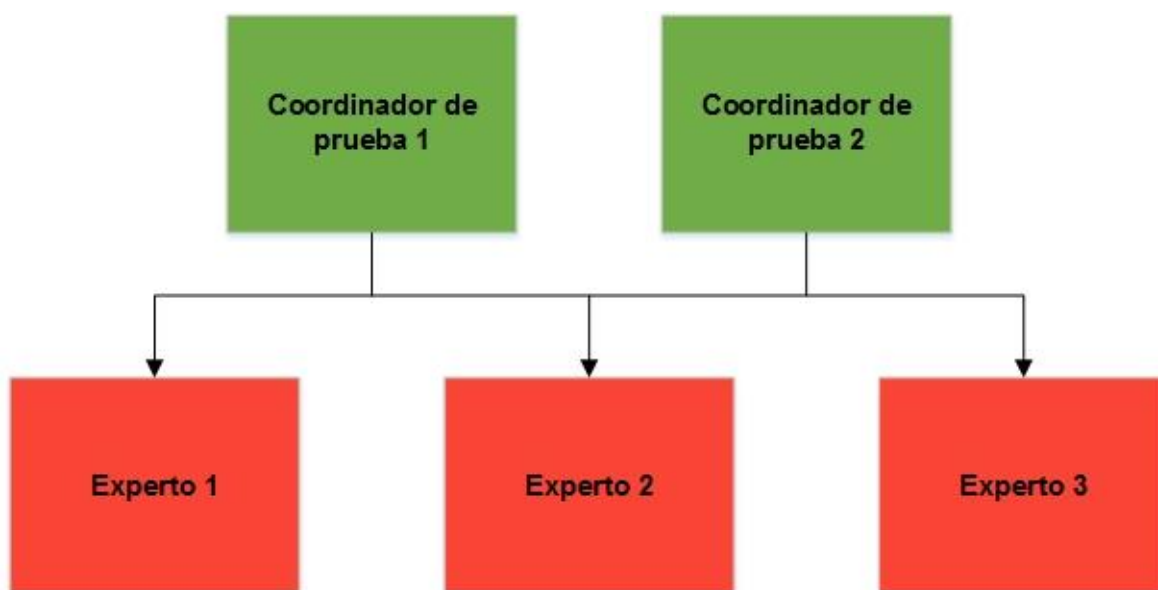


Figura 17. Jerarquía de la organización de las pruebas.

b. Entrenamiento del equipo de pruebas

Dentro del proceso de pruebas se da por supuesta la idoneidad de los coordinadores por lo cual ellos no requieren de entrenamiento adicional. Por parte de los expertos, el entrenamiento consistirá en socializar con ellos los siguientes temas: estructura de composición de los árboles de competencias, naturaleza

cualitativa de las pruebas, descripción del proceso de pruebas, manejo del formato de consignación de resultados y tipos de pruebas a realizar. El equipo de pruebas debe además tener conocimientos básicos de Excel y manejo de equipos de cómputo.

F.2.2. Estrategia de las pruebas

a. Productos de las pruebas

A lo largo del desarrollo de las pruebas se generaron varios productos. Estos productos se listan y describen a continuación.

- Reporte de resultados de expertos: es un formato Excel que consigna los resultados obtenidos por todos los expertos en la ejecución de las pruebas. Es un producto de las pruebas de desempeño.
- Reporte estadístico de semejanza: es un formato en el que se almacenan las cifras estadísticas de los resultados de desempeño recolectados a partir de la métrica de semejanza. El reporte se genera para la evaluación individual y la evaluación grupal. Es un producto de las pruebas de desempeño.
- Reporte estadístico de Precisión: es un formato en el que se almacenan las cifras estadísticas de los resultados de desempeño recolectados a partir de la métrica de precisión. El reporte se genera para la evaluación individual y la evaluación grupal. Es un producto de las pruebas de desempeño.
- Reporte de riesgos: Es un formato en el que se detallan los riesgos y su potencial de criticidad.
- Reporte de mitigación de riesgos: Es un formato en el que se detallan las estrategias de mitigación de cada riesgo.

b. Técnicas de las pruebas

Se usaron técnicas diferentes para las pruebas funcionales y las pruebas de desempeño. Para las pruebas funcionales se realizaron pruebas usando técnicas basadas en la experiencia, más concretamente la técnica de *error guessing*⁷ [127]. Para las pruebas de desempeño se hicieron mediciones de semejanza y precisión. Acerca de la medida de semejanza, esta ha demostrado ser muy útil cuando se trata

⁷ Método de ensayo donde los errores hallados en programas mediante pruebas, son establecidos en base a la experiencia de ensayos previos.

de encontrar la cercanía entre dos elementos de información como en la concurrencia de palabras [66] o la comparación de información multidimensional [67], igual que lo que se quiere con la evaluación del método computacional propuesto.

Existen múltiples formas matemáticas de calcular la semejanza de la información como se puede ver en [68], pero últimamente ha tomado mucha importancia el cálculo de semejanza basado en los espacios L_p asociados a espacios de Banach [73]. Más adelante, en el apartado de métricas (ver E.2.3), se abordará la explicación y justificación del cálculo de semejanza a través de espacios L_p .

Por el lado de la precisión es una medida más exigente de desempeño porque no calcula la cercanía de la información sino la coincidencia exacta de dos elementos de información. Este método conocido como *matching* por su traducción al inglés, es usado para la eliminación de información redundante en bases de datos [72] pero es una alternativa propuesta por este trabajo como una manera más exigente de evaluar el método computacional propuesto. Adicionalmente, la métrica de precisión es usada generalmente en la evaluación de sistemas inteligentes

c. Herramientas de las pruebas

Como herramientas de software se usaron: Office Excel para consignar los resultados alcanzados por los expertos; NetBeans IDE 8.0.2 para la implementación del método computacional propuesto y la base de datos cloud MLab de Mongo Services basada en JSON para el almacenamiento de toda la información involucrada en el funcionamiento del método. Para tener una breve reseña de estas herramientas se puede dirigir al Anexo E. Dentro de las herramientas hardware usadas está un equipo de cómputo emplazado en el laboratorio de TDi de la Universidad del Cauca con las siguientes especificaciones técnicas: Procesador Intel core i5, Capacidad de memoria instalada de 4GB, tarjeta aceleradora gráfica de 1 GB, Capacidad de Disco de 500 GB, sistema operativo Windows 7 professional edition. Este equipo fue usado para correr todas las herramientas software mencionadas anteriormente a excepción de MLab.

F.2. Gestión de planeación de las pruebas

F.2.1. Planeación de las pruebas

a. Actividades para las pruebas

Dentro del proceso de cada prueba se desarrollan las actividades expuestas en la Tabla 12.

Actividad	Nombre	Descripción
1	Socialización de las pruebas a los expertos	Se expone a los expertos el procedimiento de las pruebas, su importancia, su naturaleza cualitativa, el tiempo de las pruebas, los objetivos de las pruebas y el alcance
2	Socialización de la estructura de composición de los árboles de competencias.	Para los expertos que no conozcan la estructura adoptada, esta se socializa con el fin de evitar confusiones dentro del proceso de pruebas.
3	Socialización de los formatos de consignación de resultados	Se explica a los expertos el formato en excel en el que se deben consignar los resultados y además se proporciona un formato gráfico del árbol de competencias que se construye conjuntamente con el experto para proporcionarle una guía gráfica
4	Resolución de dudas	Se aclaran las dudas que hayan podido surgir en el proceso de socialización
5	Concertación del cronograma	Se acuerda un cronograma para la entrega de los resultados por parte de cada experto y para las actividades de realimentación en caso de que se encuentren anomalías en la estructura de los árboles o en la información consignada en ellos
6	Generación de evaluaciones	Se generan las evaluaciones por parte de los expertos

7	Recolección de información	de	Recolección de las evaluaciones generadas por cada experto
8	Validación de información	de la	Validación previa de la información donde se verifica que se cumpla con la estructura y que los conceptos cualitativos sean consistentes con la escala de evaluación
9	Conversión de formato		Transformación de la información consignada por parte de los expertos a un formato de objetos que pueda ser interpretado por el prototipo
10	Procesamiento de información	de la	Procesamiento a través del método computacional desarrollado, de los árboles suministrados por parte del grupo de expertos
11	Aplicación de métricas		Aplicación de las métricas a los resultados generados por el método computacional propuesto frente a los resultados generados por el grupo de expertos
12	Consolidación de resultados de desempeño	de	Organización de los resultados y consolidación de estadísticas para el análisis del desempeño del método computacional propuesto

Tabla 12. Actividades de las pruebas

b. Programa de pruebas

El programa de pruebas inicial concertado por el equipo de pruebas es el mostrado por la Tabla 13. En esta tabla, las actividades de cada experto están señaladas con un color (Experto 1: amarillo, Experto 2: verde, Experto 3: azul). Luego de cada actividad se lleva a cabo la revisión y el establecimiento de compromisos para cada experto.

Experto	Actividad	Fecha Inicio
Experto 1	Socialización de la prueba con el experto	8 de Octubre de 2016
Experto 3	Socialización de la prueba con el experto	13 de Octubre de 2016
Experto 2	Socialización de la prueba con el experto	14 de Octubre de 2016
Experto 3	Socialización de la estructura de composición de los árboles de competencias	15 de Octubre de 2016

Experto 2	Socialización de la estructura de composición de los árboles de competencias	15 de Octubre de 2016
Experto 3	Socialización de los formatos de consignación de resultados	19 de Octubre de 2015
Experto 1	Socialización de la estructura de composición de los árboles de competencias	19 de Octubre de 2015
Experto 3	Resolución de dudas	19 de Octubre de 2015
Experto 1	Socialización de los formatos de consignación de resultados	19 de Octubre de 2015
Experto 1	Resolución de dudas	20 de Octubre de 2015
Experto 2	Socialización de los formatos de consignación de resultados	20 de Octubre de 2015
Experto 1	Concertación del cronograma	20 de Octubre de 2015
Experto 3	Concertación del cronograma	22 de Octubre de 2015
Experto 2	Resolución de dudas	22 de Octubre de 2015
Experto 1	Generación de evaluaciones	30 de Octubre de 2015
Experto 1	Recolección de información	6 de Noviembre de 2015
Experto 2	Concertación del cronograma	6 de Noviembre de 2015
Experto 3	Generación de evaluaciones	6 de Noviembre de 2015
Experto 2	Generación de evaluaciones	6 de Noviembre de 2015
Experto 1	Validación de la información	9 de Noviembre de 2015
Experto 2	Recolección de información	12 de Noviembre de 2015
Experto 3	Recolección de información	14 de Noviembre de 2015
Experto 3	Validación de la información	14 de Noviembre de 2015
Experto 2	Validación de la información	14 de Noviembre de 2015
Experto 1	Conversión de formato	15 de Noviembre de 2015
Experto 3	Conversión de formato	15 de Noviembre de 2015
Experto 1	Procesamiento de la información	17 de Noviembre de 2015
Experto 2	Conversión de formato	17 de Noviembre de 2015

Experto 1	Aplicación de métricas	18 de Noviembre de 2015
Experto 2	Procesamiento de la información	18 de Noviembre de 2015
Experto 3	Procesamiento de la información	18 de Noviembre de 2015
Experto 1	Consolidación de resultados de desempeño	23 de Noviembre de 2015
Experto 3	Aplicación de métricas	23 de Noviembre de 2015
Experto 2	Aplicación de métricas	23 de Noviembre de 2015
Experto 3	Consolidación de resultados de desempeño	27 de Noviembre de 2015
Experto 2	Consolidación de resultados de desempeño	3 de Diciembre de 2015

Tabla 13. Plan de pruebas.

F.2.2. Control y seguimiento

a. Identificación y valoración de riesgos

El proceso de identificación y valoración de riesgos dentro del proceso de pruebas se realizó conforme a los lineamientos de IEEE 29119-3 [65]. Los riesgos y su valoración se pueden ver en la Tabla 14. En esta tabla, el factor **E** corresponde al índice de exposición del riesgo, **P** es la probabilidad de ocurrencia del riesgo e **I** corresponde a la incidencia del riesgo. El factor de exposición es el producto entre la incidencia y la probabilidad de ocurrencia. Tanto la incidencia como la probabilidad de ocurrencia son números que se valoran entre 1 y 6.

Código de Riesgo	Descripción	P	I	E
R1	No entendimiento de la metodología de pruebas por parte de los expertos	3	4	12
R2	Indisponibilidad de última hora por parte de los expertos	2	4	8
R3	Incumplimiento de los compromisos por parte de los expertos en el desarrollo de las pruebas	1	5	5
R4	No seguimiento de la estructura de composición de los árboles de competencias por parte del grupo de expertos	3	3	9
R5	Información incompleta o errada en lo árboles de competencias	2	4	8
R6	Cambios repentinos en el alcance y los objetivos de las pruebas	2	3	6

R7	Problemas de coordinación por parte del equipo de pruebas	2	2	4
R8	Escasa experiencia y conocimiento, por parte del grupo de expertos, de las herramientas tecnológicas usadas para las pruebas	2	4	8

Tabla 14. Riesgos.

b. Mitigación de riesgos identificados

En la Tabla 15 se enumeran las estrategias de mitigación para los riesgos identificados. La documentación de las mismas se ha hecho de acuerdo con los ejemplos disponibles en el estándar de documentación de pruebas IEEE 29119 – 3 [65].

Identificador	Riesgo que mitiga	Descripción de la estrategia
E.M. 1	R1	Disposición de una guía detalla de las pruebas que se van a realizar
E.M. 2	R2	Previsión de intervalos de tiempo para las pruebas que permitan reacomodar las fechas del programa de pruebas
E.M. 3	R3	Disposición de un experto de respaldo para las pruebas
E.M. 4	R4	Validación de la estructura de los árboles de competencias suministrados por los expertos y realimentación con cada experto
E.M. 5	R5	Validación de la información contenida en los árboles de competencias
E.M. 6	R6	Realimentación continua con el equipo de pruebas y el equipo del proyecto de investigación
E.M. 7	R7	Establecimiento de un cronograma de pruebas estricto, adicionalmente se prevé etapas de revisión de y establecimiento de compromisos
E.M. 8	R8	Disposición de asesoría presencial cuando sea posible y en todo momento de asesoría remota a los expertos en lo que tiene que ver con el manejo de las herramientas tecnológicas usadas para llevar a cabo las pruebas

Tabla 15. Estrategias de mitigación de los riesgos identificados.

F.3. Gestión de ejecución de las pruebas

F.3.1. Preparación del entorno

Previo a cada prueba debe realizarse una preparación y validación de las condiciones del entorno con el fin de mitigar el riesgo por fallas en el mismo. A continuación, se describen las actividades de preparación del entorno para las pruebas.

1. Depuración de memoria: se hace una comprobación de los procesos que están corriendo en la memoria del equipo en el que está montado el prototipo. Se eliminan los procesos ajenos a las pruebas y se dejan corriendo aquellos que sean estrictamente necesarios para llevar a cabo las mismas.

2. Verificación de condiciones de alimentación eléctrica: se verifica el conexionado eléctrico y se asegura el respaldo con la UPS con que se cuenta en el laboratorio.

3. Verificación de red: se verifica la conexión a internet y a la base de datos en la nube de la que hace uso el prototipo. Adicionalmente se realizan pruebas de carga y descarga de datos para comprobar que el ancho de banda disponible sea suficiente.

4. Verificación de archivos WSDL: debido a que el prototipo ha sido montado como un servicio web SOAP, antes de cada prueba se realiza una comprobación de los archivos WSDL que dan soporte a las tuberías de comunicación del servicio.

5. Verificación del IDE NetBeans: el prototipo corre a través de NetBeans y su servidor web GlassFish, por esta razón, previo a cada prueba, se verifica que el entorno de desarrollo funcione correctamente y que el servidor del mismo se haya desplegado correctamente.

Luego de realizar las comprobaciones mencionadas anteriormente, el entorno de pruebas se ha preparado adecuadamente en procura de minimizar los riesgos debidos a las condiciones de entorno que puedan afectar el desarrollo normal de las mismas.

F.3.2. Especificación de procedimientos del test

El orden de ejecución de los casos de pruebas es presentado en la Tabla 16.

Número	Identificador	Caso de estudio	Prueba	Naturaleza	Operación del servicio usada	Datos de entrada	
						Variable	Valor
1	C.P.01	C.E.01	P.I.01	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	22
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
2	C.P.02	C.E.01	P.I.02	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	23
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
3	C.P.03	C.E.01	P.I.03	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	24
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
4	C.P.04	C.E.01	P.I.04	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	25
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
5	C.P.05	C.E.01	P.I.05	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	26
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true

6	C.P.06	C.E.01	P.G.01	Grupal	procesarGrupo()	codGProcesar	19
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
7	C.P.07	C.E.02	P.I.06	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	27
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
8	C.P.08	C.E.02	P.I.07	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	28
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
9	C.P.09	C.E.02	P.I.08	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	29
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
10	C.P.10	C.E.02	P.I.09	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	30
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
11	C.P.11	C.E.02	P.I.10	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	31
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
12	C.P.12	C.E.02	P.G.02	Grupal	procesarGrupo()	codGProcesar	20
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true

13	C.P.13	C.E.03	P.I.11	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	32
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
14	C.P.14	C.E.03	P.I.12	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	33
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
15	C.P.15	C.E.03	P.I.13	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	34
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
16	C.P.16	C.E.03	P.I.14	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	35
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
17	C.P.17	C.E.03	P.I.15	Individual	procesarEstudiante()	codEProcesar	36
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true
18	C.P.18	C.E.03	P.G.03	Grupal	procesarGrupo()	codGProcesar	21
						codEEval	40
						valVExis	false
						guaResDB	true

Tabla 16. Casos de pruebas.

F.4. Árboles de pruebas

A continuación se presentan los árboles de pruebas individuales y grupales, con su respectiva información, utilizados para el desarrollo de las pruebas del método computacional.

F.4.1. Árboles de pruebas individuales

Se presentan los árboles de pruebas por cada experto quien evaluó. Por cada experto se tienen cinco estudiantes, a continuación se presenta la estructura del árbol de competencias de un estudiante y la tabla completa de información de los cinco estudiantes evaluados.

- Árboles experto 1

En la Figura 18 se puede observar el árbol de competencias del estudiante 1 el cual tiene la misma estructura para los 4 estudiantes restantes.

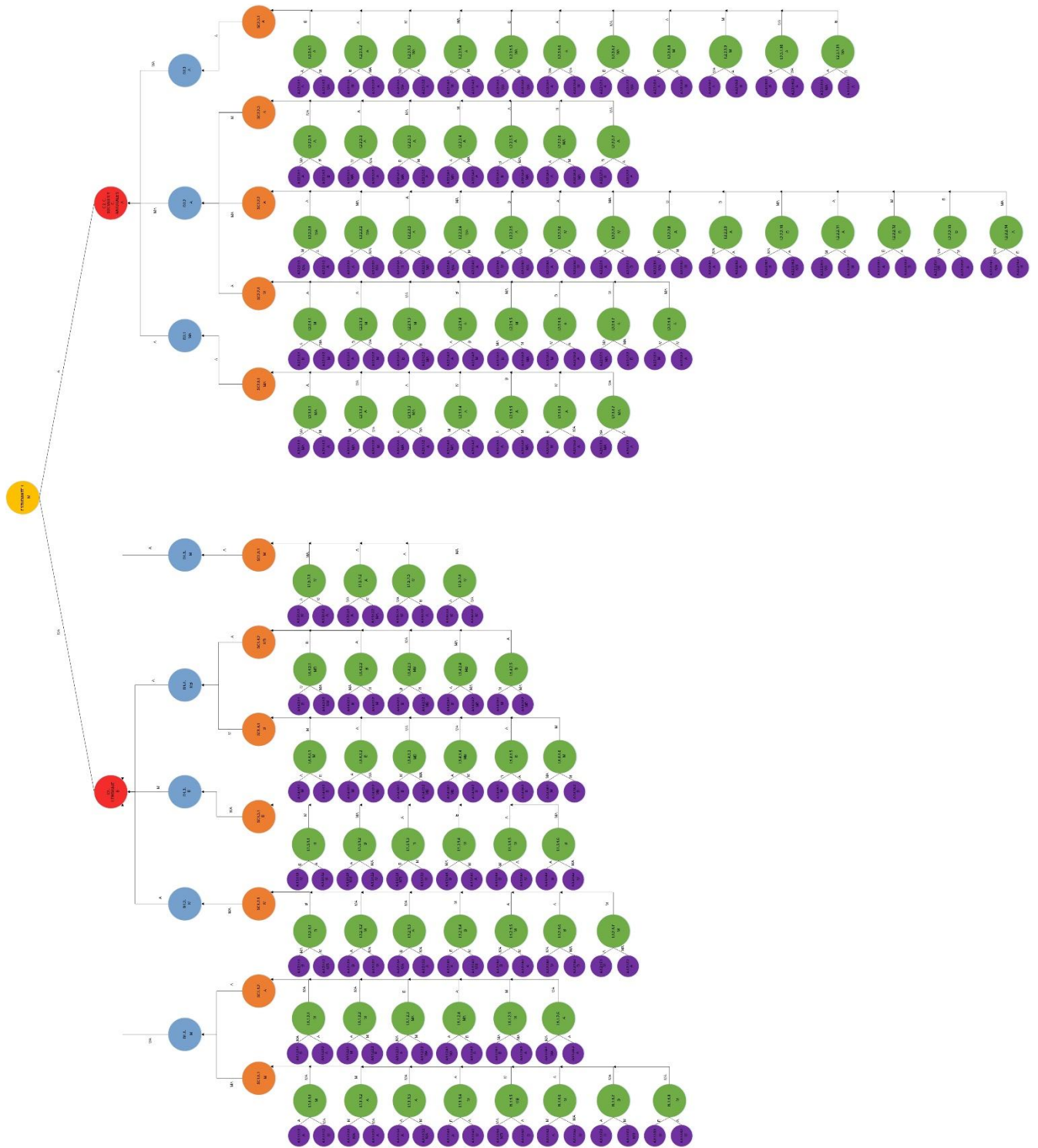


Figura 18. Árbol de competencias del estudiante 1-Experto1.

La Tabla 17 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 1.

	a1.1.1		a1.1.2		a1.2.1		a1.3.1		a1.4.1		a1.4.2		a1.5.1											
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp										
1.1	A	A	B	MA	B	MA	M	B	M	A	B	M	M	A										
1.2	M	MA	A	A	MB	M	B	A	B	B	MB	MA	A	M										
2.1	MA	M	M	A	B	A	MB	A	M	A	B	MA	A	MA										
2.2	A	MA	B	M	M	MA	M	MA	MB	MA	M	M	MA	M										
3.1	A	A	A	MA	MA	B	MB	B	B	M	B	B	M	MA										
3.2	MA	M	MA	M	A	MA	B	M	MB	MA	MB	M	A	B										
4.1	A	B	MA	A	A	B	B	MA	MB	A	B	A	M	A										
4.2	M	A	A	B	MB	M	A	M	B	M	MB	MA	M	MA										
5.1	MB	MA	B	MA	B	MA	B	M	M	B	M	M												
5.2	B	A	A	MA	A	M	M	A	B	A	MB	MA												
6.1	A	M	MA	MA	M	MA	B	A	M	MA														
6.2	M	MA	A	A	B	MA	M	MA	B	M														
7.1	B	A			M	A																		
7.2	MB	M			A	MA																		
8.1	B	B																						
8.2	M	A																						
i.1.1.1		i.1.1.2		i.1.2.1		i.1.3.1		i.1.4.1		i.1.4.2					i.1.5.1									
Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual					Imp	Val. Cual	Imp							
1	M	MA	M	MA	B	B	B	M	M	M			MB	B	M	MA								
2	A	M	M	MA	M	MA	B	MA	B	A			B	A	A	A								
3	A	MA	MA	B	A	MA	B	A	MB	MA	MB	MA	M	A										
4	M	A	MA	A	B	M	M	B	MB	MA	MB	MA	M	MA										
5	MB	M	M	M	M	A	M	A	B	A	B	A												
6	M	A	A	MA	B	A	B	MA	M	M														
7	B	MA			M	M																		
8	M	MA																						
SC1.1.1		SC1.1.2		SC1.2.1		SC1.3.1		SC1.4.1		SC1.4.2			SC1.5.1											
Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp											
M	MA	A	A	M	MA	B	MA	B	M	MB	A	M	A											
D1.1				D1.2		D1.3		D1.4				D1.5												
Val.cual		Imp		Val. cual	Imp	Val. cual	Imp	Val.cual		Imp		Val. cual	Imp											
M		MA		M	A	B	M	MB		A		M	A											
C1																								
Valor cualitativo							Importancia																	
B							MA																	
a2.1.1		a2.2.1		a2.2.2		a2.2.3		a2.3.1																
Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp															
1.1	MA	MA	B	A	MA	M	A	MA	A	A														

1.2	A	M	M	MA	A	A	B	B	MA	M
2.1	MA	M	A	B	A	A	MA	M	M	B
2.2	M	MA	M	MA	MA	MA	A	MA	A	MA
3.1	MA	A	B	A	B	M	MA	B	MA	MA
3.2	A	MA	MA	B	MA	A	A	M	A	A
4.1	MA	M	A	A	MA	A	MA	A	M	B
4.2	A	A	M	B	A	M	A	MA	A	M
5.1	A	A	B	MA	M	B	B	B	MA	A
5.2	MA	M	MA	M	MA	MA	MA	MA	MA	M
6.1	M	B	M	M	A	M	A	A	AM	MA
6.2	A	MA	A	A	M	A	MA	M	M	MA
7.1	MA	MA	MA	MA	A	A	B	B	A	B
7.2	A	A	B	MA	B	A	A	A	MA	A
8.1			M	M	MA	B			A	B
8.2			A	M	M	M			M	A
9.1					A	MA			A	MA
9.2					A	A			B	A
10.1					B	MA			B	B
10.2					MB	A			A	MA
11.1					MA	M			MA	A
11.2					M	A			A	B
12.1					A	B				
12.2					B	A				
13.1					MB	MA				
13.2					A	M				
14.1					MA	MA				
14.2					B	B				
	i.2.1.1		i.2.2.1		i.2.2.2		i.2.2.3		i.2.3.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1	MA	A	M	A	MA	A	A	MA	A	B
2	A	MA	M	A	MA	MA	A	A	A	A
3	MA	A	M	MA	A	A	A	MA	MA	M
4	A	M	A	B	MA	MA	A	M	A	MA
5	A	B	M	MA	A	B	A	A	MA	B
6	A	M	A	B	M	A	MA	B	A	A
7	MA	MA	A	M	M	MA	A	MA	MA	MA
8			A	MA	A	M			M	A
9					A	B			M	M
10					B	MA			A	MA
11					A	A			MA	B
12					B	M				
13					B	B				
14					A	MA				
	SC2.1.1		SC2.2.1		SC2.2.2		SC2.2.3		SC2.3.1	

Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
MA	A	M	A	MA	MA	A	M	A	A
D2.1		D2.2				D2.3			
Val. Cual	Imp	Valor cualitativo			Importancia			Val. Cual	Imp
MA	A	A			MA			A	MA
C2									
Valor cualitativo					Importancia				
A					A				

Tabla 17. Información del árbol de competencias del estudiante 1.

Donde:

a son las actividades,

i son los indicadores,

SC son las sub-Competencias,

D son las dimensiones,

C son las competencias,

Val.Cual es el concepto cualitativo,

Imp es la importancia,

MA es el concepto cualitativo “Muy Alto”,

A es el concepto cualitativo “Alto”,

M es el concepto cualitativo “Medio”,

B es el concepto cualitativo “Bajo”,

MB es el concepto cualitativo “Muy Bajo”.

La Tabla 18 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 2.

	a1.1.1		a1.1.2		a1.2.1		a1.3.1		a1.4.1		a1.4.2		a1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1.1	MA	A	A	MA	B	MA	MA	B	A	A	B	M	MA	A
1.2	A	MA	M	A	M	M	A	A	B	B	MA	MA	A	M
2.1	MA	M	M	A	B	A	M	A	M	A	M	MA	A	MA
2.2	M	MA	A	M	M	MA	MA	MA	MA	MA	A	M	M	M
3.1	A	A	M	MA	A	B	M	B	A	M	A	B	MA	MA
3.2	MA	M	MA	M	M	MA	MA	M	MA	MA	MA	M	M	B
4.1	M	B	A	A	M	B	A	MA	M	A	A	A	A	A
4.2	B	A	MA	B	A	M	MA	M	MA	M	MA	MA	MA	MA
5.1	A	MA	A	MA	M	MA	M	M	A	B	MA	M		
5.2	MA	A	MA	MA	A	M	MA	A	M	A	A	MA		
6.1	A	M	A	MA	A	MA	M	A	M	MA				
6.2	M	MA	M	A	B	MA	A	MA	A	M				
7.1	MA	A			A	A								
7.2	A	M			M	MA								
8.1	A	B												
8.2	MA	A												
	i.1.1.1		i.1.1.2		i.1.2.1		i.1.3.1		i.1.4.1		i.1.4.2		i.1.5.1	

	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1	A	MA	A	MA	M	B	A	M	M	M	A	B	MA	MA
2	A	M	M	MA	M	MA	A	MA	A	A	M	A	A	A
3	A	MA	M	B	M	MA	A	A	MA	MA	MA	MA	MA	A
4	B	A	A	A	A	M	A	B	A	MA	MA	MA	MA	MA
5	A	M	MA	M	M	A	A	A	M	A	A	A		
6	M	A	A	MA	M	A	A	MA	M	M				
7	MA	MA			M	M								
8	MA	MA												
	SC1.1.1		SC1.1.2		SC1.2.1		SC1.3.1		SC1.4.1		SC1.4.2		SC1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
	A	MA	A	A	M	MA	A	MA	A	M	A	A	MA	A
	D1.1			D1.2			D1.3		D1.4			D1.5		
	Val.cual		Imp		Val.cual	Imp	Val.cual	Imp	Val.cual		Imp		Val.cual	Imp
	A		MA		M	A	A	M	A		A		MA	A
	C1													
	Valor cualitativo							Importancia						
	A							MA						
	a2.1.1		a2.2.1		a2.2.2		a2.2.3		a2.3.1					
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp				
1.1	MA	MA	MA	A	A	M	M	MA	M	A				
1.2	A	M	MA	MA	MA	A	MA	B	B	M				
2.1	A	M	M	B	MA	A	A	M	MA	B				
2.2	MA	MA	MA	MA	MA	MA	M	MA	A	MA				
3.1	M	A	MA	A	A	M	M	B	B	MA				
3.2	A	MA	M	B	A	A	M	M	M	A				
4.1	A	M	A	A	MA	A	M	A	MA	B				
4.2	M	A	M	B	A	M	A	MA	A	M				
5.1	M	A	MA	MA	MA	B	MA	B	M	A				
5.2	MA	M	A	M	M	MA	M	MA	B	M				
6.1	M	B	M	M	A	M	M	A	MA	MA				
6.2	MA	MA	A	A	MA	A	B	M	A	MA				
7.1	MA	MA	A	MA	MA	A	A	B	A	B				
7.2	A	A	M	MA	MA	A	M	A	A	A				
8.1			MA	M	A	B				M	B			
8.2			MA	M	A	M				A	A			
9.1					M	MA				A	MA			
9.2					B	A				M	A			

10.1			MA	MA			M	B		
10.2			MA	A			A	MA		
11.1			A	M			B	A		
11.2			MA	A			M	B		
12.1			B	B						
12.2			A	A						
13.1			M	MA						
13.2			B	M						
14.1			MA	MA						
14.2			M	B						
	i.2.1.1		i.2.2.1		i.2.2.2		i.2.2.3		i.2.3.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1	MA	A	MA	A	MA	A	M	MA	M	B
2	MA	MA	MA	A	MA	MA	A	A	A	A
3	A	A	MA	MA	A	A	M	MA	B	M
4	M	M	A	B	MA	MA	A	M	A	MA
5	A	B	MA	MA	M	B	M	A	M	B
6	A	M	A	B	MA	A	M	B	A	A
7	MA	MA	M	M	MA	MA	M	MA	A	MA
8			MA	MA	A	M			A	A
9					M	B			A	M
10					MA	MA			A	MA
11					MA	A			B	B
12					A	M				
13					M	B				
14					MA	MA				
	SC2.1.1		SC2.2.1		SC2.2.2		SC2.2.3		SC2.3.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
	MA	A	MA	A	MA	MA	M	M	A	A
	D2.1		D2.2					D2.3		
	Val. Cual	Imp	Valor cualitativo			Importancia		Val. Cual	Imp	
	MA	A	MA			MA		A	MA	
	C2									
	Valor cualitativo					Importancia				
	MA					A				

Tabla 18. Información del árbol de competencias del estudiante 2.

La Tabla 19 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 3.

	a1.1.1		a1.1.2		a1.2.1		a1.3.1		a1.4.1		a1.4.2		a1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1.1	MB	A	B	MA	M	MA	M	B	MB	A	MB	M	MB	A
1.2	MB	MA	MB	A	B	M	MB	A	A	B	A	MA	B	M
2.1	B	M	B	A	MB	A	B	A	B	A	MB	MA	MB	MA
2.2	MB	MA	MB	M	B	MA	M	MA	M	MA	B	M	A	M
3.1	MB	A	MB	MA	M	B	MB	B	MB	M	B	B	B	MA
3.2	B	M	M	M	B	MA	A	M	A	MA	MB	M	MB	B
4.1	MB	B	B	A	B	B	MB	MA	MB	A	B	A	B	A
4.2	B	A	M	B	MB	M	A	M	B	M	MB	MA	MB	MA
5.1	M	MA	MB	MA	B	MA	A	M	B	B	A	M		
5.2	M	A	B	MA	A	M	A	A	MB	A	MB	MA		
6.1	M	M	B	MA	M	MA	A	A	B	MA				
6.2	B	MA	B	A	B	MA	B	MA	B	M				
7.1	MB	A			B	A								
7.2	B	M			MB	MA								
8.1	M	B												
8.2	MB	A												
	i.1.1.1		i.1.1.2		i.1.2.1		i.1.3.1		i.1.4.1		i.1.4.2		i.1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1	MB	MA	B	MA	M	B	B	M	B	M	M	B	MB	MA
2	MB	M	B	MA	B	MA	M	MA	M	A	MB	A	B	A
3	MB	MA	MB	B	B	MA	M	A	M	MA	MB	MA	B	A
4	B	A	B	A	MB	M	B	B	MB	MA	MB	MA	MB	MA
5	M	M	MB	M	B	A	A	A	MB	A	B	A		
6	B	A	B	MA	B	A	M	MA	B	M				
7	MB	MA			MB	M								
8	MB	MA												
	SC1.1.1		SC1.1.2		SC1.2.1		SC1.3.1		SC1.4.1		SC1.4.2		SC1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
	MB	MA	B	A	B	MA	M	MA	B	M	MB	A	MB	A
D1.1		D1.2		D1.3		D1.4		D1.5						
Val.cual		Imp		Val. cual	Imp	Val. cual	Imp	Val.cual		Imp		Val. cual	Imp	
	MB		MA		B	A	M	M	MB		A		MB	A
C1														
Valor cualitativo								Importancia						
MB								MA						
a2.1.1		a2.2.1		a2.2.2		a2.2.3		a2.3.1						

	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	
1.1	MB	MA	B	A	MA	M	MB	MA	B	A	
1.2	B	M	MB	MA	M	A	A	B	A	M	
2.1	B	M	A	B	M	A	B	M	M	B	
2.2	A	MA	MB	MA	A	MA	MB	MA	MB	MA	
3.1	B	A	MB	A	MA	M	MB	B	MB	MA	
3.2	M	MA	B	B	A	A	MB	M	M	A	
4.1	B	M	MB	A	A	A	MB	A	MB	B	
4.2	MB	A	M	B	MA	M	M	MA	MB	M	
5.1	MB	A	MB	MA	MB	B	MA	B	B	A	
5.2	M	M	B	M	A	MA	B	MA	A	M	
6.1	A	B	B	M	A	M	B	A	MB	MA	
6.2	MB	MA	M	A	B	A	A	M	MB	MA	
7.1	MB	MA	M	MA	MA	A	MB	B	B	B	
7.2	B	A	B	MA	MA	A	A	A	MB	A	
8.1			MB	M	A	B			B	B	
8.2			MB	M	MA	M			MB	A	
9.1						A	MA			MB	MA
9.2						B	A			M	A
10.1						B	MA			M	B
10.2						MA	A			MB	MA
11.1						MA	M			M	A
11.2						M	A			MA	B
12.1						M	B				
12.2						MA	A				
13.1						MA	MA				
13.2						A	M				
14.1						M	MA				
14.2						M	B				
	i.2.1.1		i.2.2.1		i.2.2.2		i.2.2.3		i.2.3.1		
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	
1	MB	A	MB	A	A	A	B	MA	M	B	
2	M	MA	B	A	A	MA	MB	A	MB	A	
3	M	A	MB	MA	A	A	MB	MA	B	M	
4	MB	M	MB	B	A	MA	B	M	MB	MA	
5	B	B	MB	MA	M	B	M	A	M	B	
6	B	M	M	B	M	A	M	B	MB	A	
7	MB	MA	B	M	MA	MA	M	MA	MB	MA	
8			MB	MA	MA	M			MB	A	
9					M	B			B	M	

10			M	MA		MB	MA			
11			A	A		M	B			
12			A	M						
13			MA	B						
14			M	MA						
	SC2.1.1		SC2.2.1		SC2.2.2		SC2.2.3		SC2.3.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
	B	A	MB	A	A	MA	B	M	MB	A
	D2.1		D2.2				D2.3			
	Val. Cual	Imp	Valor cualitativo			Importancia		Val. Cual	Imp	
	B	A	M			MA		MB	MA	
	C2									
	Valor cualitativo					Importancia				
	B					A				

Tabla 19. Información del árbol de competencias del estudiante 3.

La Tabla 20 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 4.

	a1.1.1		a1.1.2		a1.2.1		a1.3.1		a1.4.1		a1.4.2		a1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1.1	B	A	MB	MA	MB	MA	MA	B	MB	A	B	M	MB	A
1.2	MB	MA	MB	A	M	M	M	A	M	B	MB	MA	B	M
2.1	MB	M	B	A	B	A	A	A	M	A	MA	MA	B	MA
2.2	B	MA	A	M	MB	MA	MA	MA	MB	MA	A	M	MB	M
3.1	MB	A	MB	MA	MB	B	A	B	A	M	A	B	MB	MA
3.2	B	M	B	M	A	MA	B	M	B	MA	MA	M	A	B
4.1	A	B	B	A	B	B	MB	MA	MB	A	A	A	B	A
4.2	MB	A	M	B	MB	M	A	M	B	M	B	MA	MB	MA
5.1	MB	MA	MB	MA	A	MA	A	M	B	B	MA	M		
5.2	M	A	B	MA	MB	M	MA	A	MB	A	B	MA		
6.1	M	M	A	MA	MB	MA	A	A	MB	MA				
6.2	MB	MA	B	A	MB	MA	B	MA	A	M				
7.1	MB	A			MB	A								
7.2	B	M			M	MA								
8.1	MB	B												
8.2	B	A												
	i.1.1.1		i.1.1.2		i.1.2.1		i.1.3.1		i.1.4.1		i.1.4.2		i.1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1	MB	MA	MB	MA	B	B	A	M	MB	M	MB	B	MB	MA

2	B	M	M	MA	MB	MA	MA	MA	B	A	MA	A	B	A	
3	MB	MA	MB	B	M	MA	M	A	M	MA	MA	MA	B	A	
4	B	A	B	A	MB	M	B	B	MB	MA	M	MA	MB	MA	
5	B	M	MB	M	M	A	MA	A	B	A	M	A			
6	MB	A	M	MA	MB	A	M	MA	M	M					
7	MB	MA			B	M									
8	B	MA													
		SC1.1.1		SC1.1.2		SC1.2.1		SC1.3.1		SC1.4.1		SC1.4.2		SC1.5.1	
		Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
		MB	MA	B	A	B	MA	A	MA	B	M	A	A	MB	A
D1.1				D1.2			D1.3		D1.4				D1.5		
Val.cual			Imp		Val. cual	Imp	Val. cual	Imp	Val.cual		Imp		Val. cual	Imp	
MB			MA		B	A	A	M	M		A		MB	A	
C1															
Valor cualitativo								Importancia							
B								MA							
		a2.1.1		a2.2.1		a2.2.2		a2.2.3		a2.3.1					
		Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp				
1.1	MB	MA	B	A	M	M	MB	MA	B	A					
1.2	B	M	MB	MA	MB	A	B	B	A	M					
2.1	B	M	A	B	M	A	M	M	M	B					
2.2	A	MA	MB	MA	MB	MA	B	MA	B	MA					
3.1	B	A	MB	A	M	M	MB	B	M	MA					
3.2	A	MA	B	B	MA	A	MB	M	MA	A					
4.1	B	M	A	A	B	A	B	A	A	B					
4.2	MB	A	MA	B	A	M	B	MA	MA	M					
5.1	MB	A	MB	MA	MB	B	M	B	B	A					
5.2	B	M	B	M	M	MA	MB	MA	A	M					
6.1	A	B	M	M	A	M	B	A	MA	MA					
6.2	MB	MA	M	A	A	A	A	M	MA	MA					
7.1	MB	MA	B	MA	A	A	B	B	MA	B					
7.2	B	A	MB	MA	A	A	MB	A	A	A					
8.1			MB	M	M	B			MA	B					
8.2			MB	M	MB	M			A	A					
9.1					MB	MA			B	MA					
9.2					B	A			MB	A					
10.1					A	MA			MB	B					
10.2					M	A			A	MA					
11.1					MB	M			A	A					

11.2					B	A			B	B
12.1					M	B				
12.2					B	A				
13.1					A	MA				
13.2					MB	M				
14.1					MB	MA				
14.2					A	B				
	i.2.1.1		i.2.2.1		i.2.2.2		i.2.2.3		i.2.3.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1	MB	A	MB	A	B	A	MB	MA	M	B
2	M	MA	B	A	B	MA	B	A	B	A
3	M	A	MB	MA	A	A	MB	MA	A	M
4	MB	M	A	B	M	MA	B	M	MA	MA
5	MB	B	MB	MA	M	B	MB	A	M	B
6	B	M	M	B	A	A	M	B	MA	A
7	MB	MA	MB	M	A	MA	MB	MA	A	MA
8			MB	MA	B	M			A	A
9					MB	B			B	M
10					A	MA			M	MA
11					B	A			A	B
12					B	M				
13					M	B				
14					B	MA				
	SC2.1.1		SC2.2.1		SC2.2.2		SC2.2.3		SC2.3.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
	B	A	MB	A	M	MA	MB	M	A	A
	D2.1		D2.2				D2.3			
	Val. Cual	Imp	Valor cualitativo			Importancia		Val. Cual	Imp	
	B	A	B			MA		A	MA	
	C2									
	Valor cualitativo					Importancia				
	M					A				

Tabla 20. Información del árbol de competencias del estudiante 4.

La Tabla 21 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 5.

	a1.1.1		a1.1.2		a1.2.1		a1.3.1		a1.4.1		a1.4.2		a1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1.1	M	A	MB	MA	MB	MA	A	B	MB	A	MB	M	MB	A

1.2	MB	MA	B	A	B	M	M	A	M	B	M	MA	B	M
2.1	MB	M	B	A	A	A	B	A	M	A	B	MA	M	MA
2.2	M	MA	A	M	B	MA	MB	MA	MB	MA	MB	M	MB	M
3.1	MB	A	MB	MA	B	B	MB	B	B	M	MB	B	B	MA
3.2	B	M	B	M	MB	MA	MB	M	MB	MA	M	M	MB	B
4.1	A	B	B	A	MB	B	M	MA	MB	A	M	A	MB	A
4.2	M	A	M	B	MB	M	MB	M	B	M	A	MA	MB	MA
5.1	MB	MA	MB	MA	MB	MA	M	M	MB	B	MA	M		
5.2	B	A	B	MA	B	M	MB	A	MB	A	A	MA		
6.1	B	M	A	MA	M	MA	B	A	MB	MA				
6.2	B	MA	B	A	A	MA	MB	MA	M	M				
7.1	MB	A			B	A								
7.2	B	M			A	MA								
8.1	B	B												
8.2	MB	A												
i.1.1.1		i.1.1.2		i.1.2.1		i.1.3.1		i.1.4.1		i.1.4.2		i.1.5.1		
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1	MB	MA	MB	MA	MB	B	M	M	MB	M	B	B	MB	MA
2	B	M	M	MA	M	MA	MB	MA	B	A	B	A	B	A
3	MB	MA	MB	B	MB	MA	MB	A	MB	MA	B	MA	B	A
4	M	A	B	A	MB	M	B	B	MB	MA	A	MA	MB	MA
5	MB	M	MB	M	MB	A	B	A	MB	A	A	A		
6	B	A	M	MA	M	A	MB	MA	B	M				
7	MB	MA			M	M								
8	MB	MA												
SC1.1.1		SC1.1.2		SC1.2.1		SC1.3.1		SC1.4.1		SC1.4.2		SC1.5.1		
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
	MB	MA	B	A	B	MA	MB	MA	MB	M	M	A	MB	A
D1.1			D1.2			D1.3		D1.4			D1.5			
Val.cual		Imp		Val. cual	Imp	Val. cual	Imp	Val.cual		Imp		Val. cual	Imp	
MB		MA		B	A	MB	M	B		A		MB	A	
C1														
Valor cualitativo							Importancia							
MB							MA							
a2.1.1		a2.2.1		a2.2.2		a2.2.3		a2.3.1						
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp				
1.1	MB	MA	A	A	A	M	MA	MA	M	A				
1.2	B	M	MA	MA	A	A	M	B	MA	M				

2.1	MB	M	B	B	MA	A	B	M	M	B				
2.2	MB	MA	A	MA	M	MA	MA	MA	MB	MA				
3.1	A	A	MA	A	M	M	MA	B	MB	MA				
3.2	M	MA	A	B	MA	A	MA	M	B	A				
4.1	A	M	MA	A	A	A	MA	A	MA	B				
4.2	B	A	MA	B	MA	M	M	MA	B	M				
5.1	A	A	MA	MA	MA	B	MA	B	B	A				
5.2	B	M	A	M	B	MA	A	MA	A	M				
6.1	M	B	B	M	M	M	MA	A	B	MA				
6.2	MB	MA	A	A	MB	A	A	M	B	MA				
7.1	M	MA	A	MA	M	A	A	B	B	B				
7.2	A	A	A	MA	MB	A	MA	A	MB	A				
8.1			MA	M	MB	B			M	B				
8.2			MA	M	M	M			B	A				
9.1			B	MA	MB	MA			MB	MA				
9.2			B	A	B	A			B	A				
10.1			MB	MA	A	B			A	B				
10.2			M	A	B	MA			B	MA				
11.1			MB	M	MB	A			MB	A				
11.2			B	A	MB	B			MB	B				
12.1			M	B										
12.2			MB	A										
13.1			B	MA										
13.2			A	M										
14.1			B	MA										
14.2			MB	B										
i.2.1.1		i.2.2.1		i.2.2.2			i.2.2.3				i.2.3.1			
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp			Val. Cual	Imp			Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1	MB	A	MA	A			A	A			MA	MA	A	B
2	MB	MA	A	A			A	MA			A	A	MB	A
3	M	A	MA	MA	A	A	MA	MA	MB	M				
4	M	M	MA	B	A	MA	A	M	M	MA				
5	M	B	MA	MA	M	B	A	A	M	B				
6	MB	M	M	B	B	A	MA	B	B	A				
7	M	MA	A	M	B	MA	MA	MA	MB	MA				
8			MA	MA	B	M			B	A				
9			B	B	MB	M								
10			B	MA	M	MA								
11			B	A	MB	B								
12			MB	M										
13			M	B										

14			B	MA						
	SC2.1.1		SC2.2.1		SC2.2.2		SC2.2.3		SC2.3.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
	B	A	MA	A	M	MA	MA	M	B	A
	D2.1		D2.2				D2.3			
	Val. Cual	Imp	Valor cualitativo			Importancia		Val. Cual	Imp	
	B	A	A			MA		B	MA	
	C2									
	Valor cualitativo					Importancia				
	M					A				

Tabla 21. Información del árbol de competencias del estudiante 5.

- Árboles experto 2

En la Figura 19 se puede observar el árbol de competencias del estudiante 1 el cual tiene la misma estructura para los 4 estudiantes restantes.

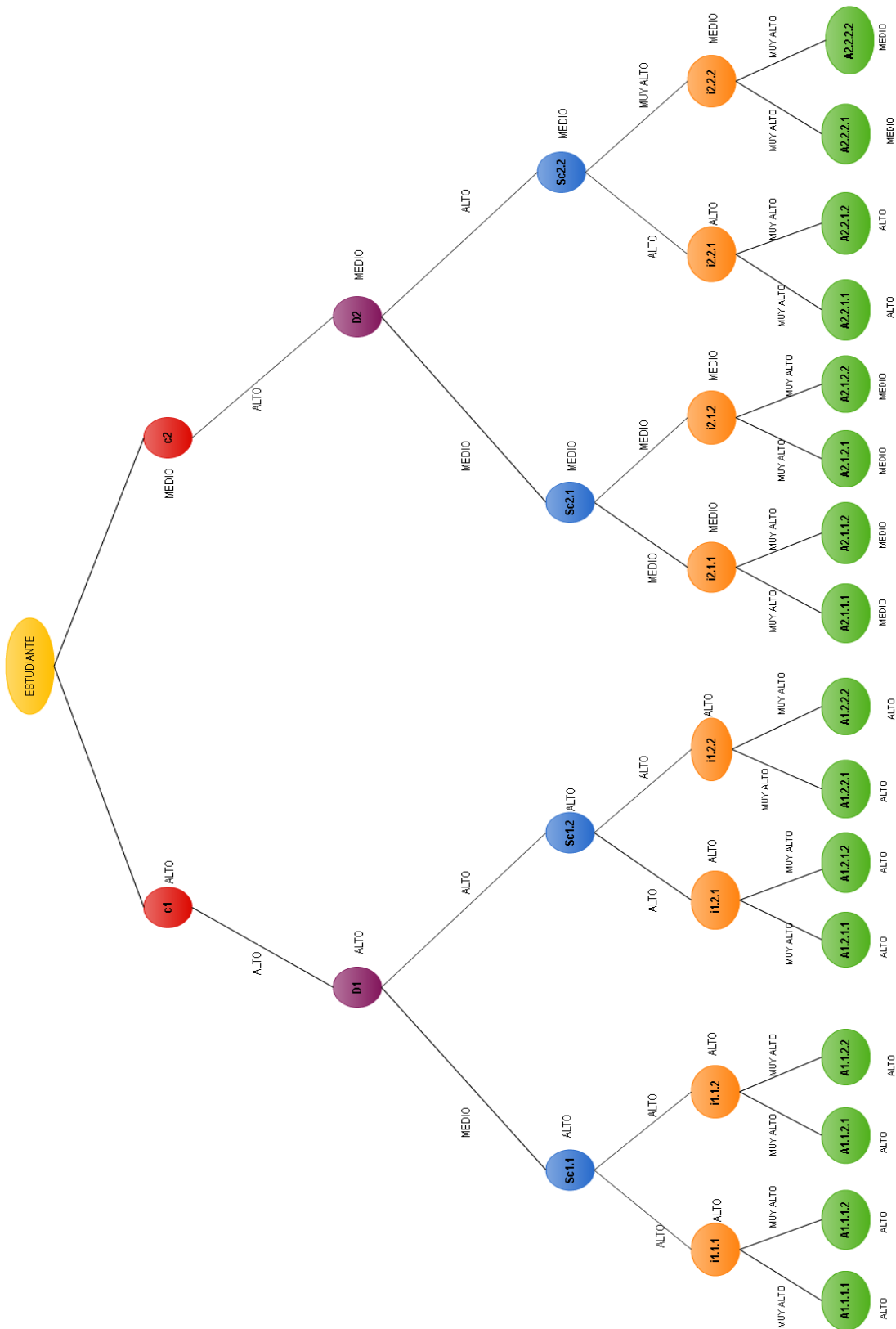


Figura 19. Árbol de competencias del estudiante 1-Experto2.

La Tabla 22 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 1.

C	Val. Cual	D	Val. Cual	Imp	SubComp	Val. Cual	Imp	I	Val. Cual	Imp	A	Val. Cual	Imp
C1	A	D1	A	A	SC1.1	A	M	I1.1.1	A	A	A1.1.1.1	A	MA
											A1.1.1.2	A	MA
								I1.1.2	A	A	A1.1.2.1	A	MA
					A1.1.2.2	A	MA						
					SC1.2	A	A	I1.2.1	A	A	A1.2.1.1	A	MA
											A1.2.1.2	A	MA
I1.2.2	A	A	A1.2.2.1	A				MA					
			A1.2.2.2	A				MA					
C2	M	D2	M	A	SC2.1	M	M	I2.1.1	M	M	A2.1.1.1	M	MA
											A2.1.1.2	M	MA
								I2.1.2	M	M	A2.1.2.1	M	MA
											A2.1.2.2	M	MA
					SC2.2	M	A	I2.2.1	A	A	A2.2.1.1	A	MA
											A2.2.1.2	A	MA
								I2.2.2	M	MA	A2.2.2.1	M	MA
											A2.2.2.2	M	MA

Tabla 22. Información del árbol de competencias del estudiante 1.

La Tabla 23 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 2.

C	Val. Cual	D	Val. Cual	Imp	SubComp	Val. Cual	Imp	I	Val. Cual	Imp	A	Val. Cual	Imp
C1	M	D1	M	A	SC1.1	M	M	I1.1.1	M	A	A1.1.1.1	M	MA
											A1.1.1.2	M	MA
								I1.1.2	B	A	A1.1.2.1	B	MA
					A1.1.2.2	B	MA						
					SC1.2	M	A	I1.2.1	M	A	A1.2.1.1	M	MA
											A1.2.1.2	M	MA
I1.2.2	M	A	A1.2.2.1	M				MA					
			A1.2.2.2	M				MA					
C2	A	D2	A	A	SC2.1	M	M	I2.1.1	M	M	A2.1.1.1	M	MA
											A2.1.1.2	M	MA
								I2.1.2	M	M	A2.1.2.1	M	MA
					A2.1.2.2	M	MA						
					SC2.2	M	A	I2.2.1	A	A	A2.2.1.1	A	MA
											A2.2.1.2	A	MA
I2.2.2	M	MA	A2.2.2.1	M				MA					
			A2.2.2.2	M	MA								

Tabla 23. Información del árbol de competencias del estudiante 2.

La Tabla 24 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 3.

C	Val. Cual	D	Val. Cual	Imp	SubComp	Val. Cual	Imp	I	Val. Cual	Imp	A	Val. Cual	Imp					
C1	M	D1	M	A	SC1.1	M	M	I1.1.1	M	A	A1.1.1.1	M	MA					
											A1.1.1.2	M	MA					
								I1.1.2	B	A	A1.1.2.1	B	MA					
					C2	A	D2	A	A	SC2.1	M	M	I2.1.1	M	M	A2.1.1.1	M	MA
																A2.1.1.2	M	MA
													I2.1.2	M	M	A2.1.2.1	M	MA
C2	A	D2	A	A						SC2.2	A	A	I2.2.1	A	A	A2.2.1.1	A	MA
																A2.2.1.2	A	MA
													I2.2.2	M	MA	A2.2.2.1	M	MA
					A2.2.2.2	M	MA											

Tabla 24. Información del árbol de competencias del estudiante 3.

La Tabla 25 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 4.

C	Val. Cual	D	Val. Cual	Imp	SubComp	Val. Cual	Imp	I	Val. Cual	Imp	A	Val. Cual	Imp					
C1	B	D1	B	A	SC1.1	B	M	I1.1.1	B	A	A1.1.1.1	B	MA					
											A1.1.1.2	B	MA					
								I1.1.2	B	A	A1.1.2.1	B	MA					
					C2	A	D2	A	A	SC1.2	M	A	I1.2.1	M	A	A1.2.1.1	M	MA
																A1.2.1.2	M	MA
													I1.2.2	M	A	A1.2.2.1	M	MA
C2	A	D2	A	A						SC2.1	M	M	I2.1.1	M	M	A2.1.1.1	M	MA
																A2.1.1.2	M	MA
													I2.1.2	M	M	A2.1.2.1	M	MA
					C2	A	D2	A	A	SC2.2	A	A	I2.2.1	A	A	A2.2.1.1	A	MA
																A2.2.1.2	A	MA
													I2.2.2	A	MA	A2.2.2.1	A	MA
A2.2.2.2	A	MA																

Tabla 25. Información del árbol de competencias del estudiante 4.

La Tabla 26 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 5.

C	Val. Cual	D	Val. Cual	Imp	SubComp	Val. Cual	Imp	I	Val. Cual	Imp	A	Val. Cual	Imp
C1	A	D1	A	A	SC1.1	A	M	I1.1.1	A	A	A1.1.1.1	A	MA
											A1.1.1.2	A	MA
								I1.1.2	A	A	A1.1.2.1	A	MA
					A1.1.2.2	A	MA						
					SC1.2	A	A	I1.2.1	A	A	A1.2.1.1	A	MA
											A1.2.1.2	A	MA
I1.2.2	A	A	A1.2.2.1	A				MA					
			A1.2.2.2	A				MA					
C2	A	D2	A	A	SC2.1	M	M	I2.1.1	A	M	A2.1.1.1	A	MA
											A2.1.1.2	A	MA
								I2.1.2	M	M	A2.1.2.1	M	MA
					A2.1.2.2	M	MA						
					SC2.2	A	A	I2.2.1	A	A	A2.2.1.1	A	MA
											A2.2.1.2	A	MA
I2.2.2	A	MA	A2.2.2.1	A				MA					
			A2.2.2.2	A	MA								

Tabla 26. Información del árbol de competencias del estudiante 5.

- Árboles experto 3

En la Figura 20 se puede observar el árbol de competencias del estudiante 1 el cual tiene la misma estructura para los 4 estudiantes restantes

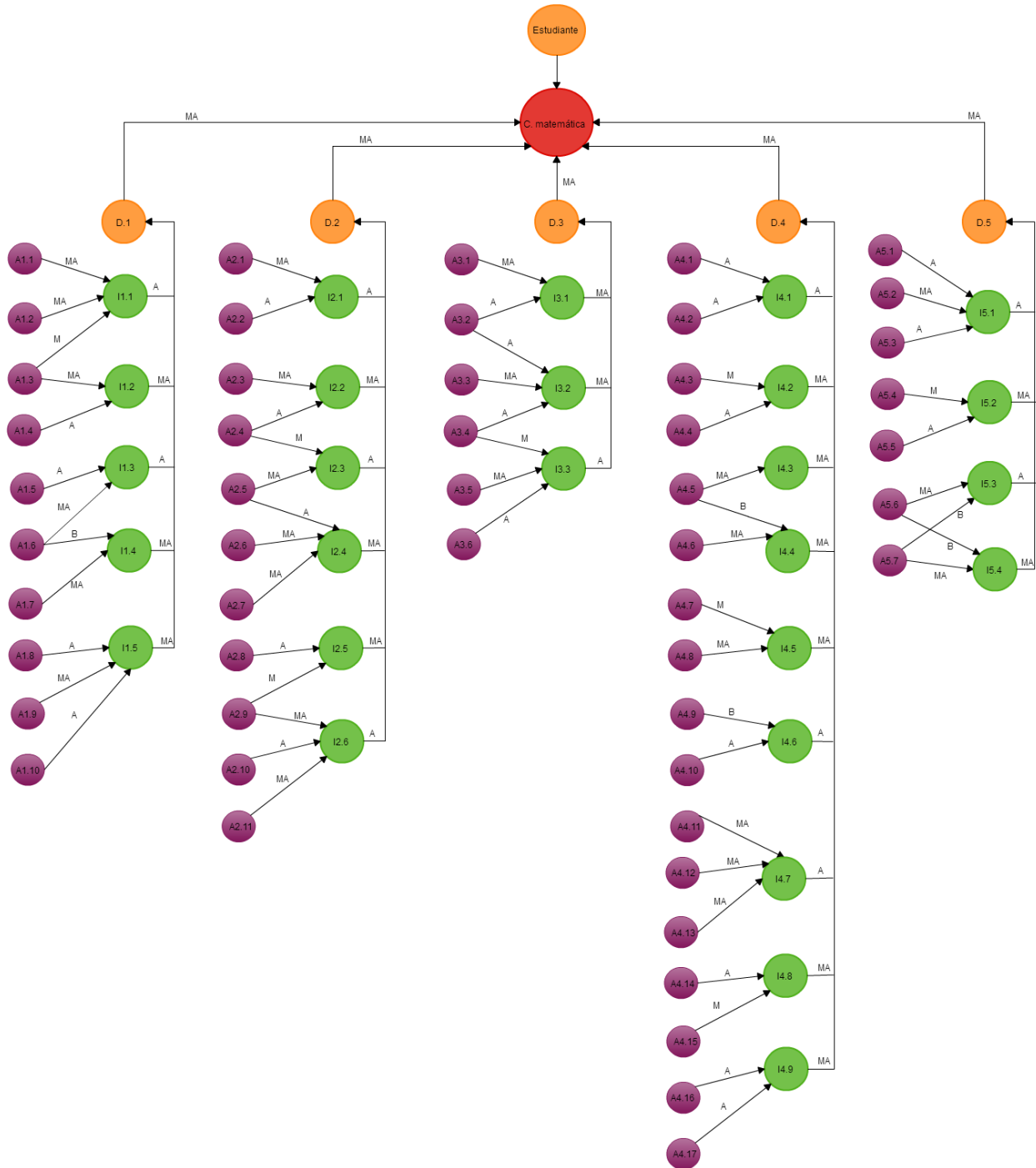


Figura 20. Árbol de competencias del estudiante 1-Experto3.

La Tabla 27 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 1.

C	Val.Cual	D	Val.Cual	Imp	I	Val.Cual	Imp	A	Val.Cual	Imp
C1	M	D1	A	MA	I1.1	A	A	A1.1	A	MA
								A1.2	MA	MA
								A1.3	A	MA

		D2	M	MA	I1.2	A	MA	A1.3	A	MA			
								A1.4	B	A			
					I1.3	A	A	A1.5	M	A			
								A1.6	B	MA			
					I1.4	B	MA	A1.6	B	B			
								A1.7	B	MA			
					I1.5	MA	MA	A1.8	A	A			
								A1.9	MA	MA			
								A1.10	A	A			
					D3	B	MA	I2.1	A	A	A2.1	MA	MA
											A2.2	B	A
								I2.2	B	MA	A2.3	B	MA
		A2.4	M	A									
		I2.3	M	A				A2.4	M	M			
								A2.5	M	MA			
		I2.4	M	MA				A2.5	M	A			
								A2.6	B	MA			
		I2.5	A	MA				A2.7	A	MA			
								A2.8	A	A			
		I2.6	M	A	A2.9	A	M						
					A2.9	A	MA						
					A2.10	M	A						
		D4	M	MA	I3.1	A	MA	A2.11	B	MA			
								A3.1	A	MA			
								A3.2	B	A			
		I3.2	MB	MA	A3.2	B	A						
					A3.3	MB	MA						
					A3.4	MB	A						
		I3.3	B	A	A3.4	MB	M						
					A3.5	B	MA						
					A3.6	A	A						
		D4	M	MA	I4.1	B	A	A4.1	B	A			
								A4.2	MB	A			
					I4.2	M	MA	A4.3	MB	M			
								A4.4	A	A			
					I4.3	MA	MA	A4.5	MA	MA			
A4.5	MA							B					
I4.4	A				MA	A4.6	A	MA					
						A4.7	A	M					
I4.5	M				MA	A4.8	M	MA					
						A4.9	M	B					
I4.6	MB	A	A4.10	MB	A								
			A4.11	M	MA								
I4.7	M	A	A4.12	A	MA								
			A4.12	A	MA								

		D5	M	MA	I4.8	M	MA	A4.13	B	MA
								A4.14	B	A
								A4.15	A	M
					I4.9	MB	MA	A4.16	MB	A
								A4.17	B	A
								I5.1	A	A
		A5.2	A	MA						
		A5.3	A	A						
		I5.2	M	MA	A5.4	M	MA			
					A5.5	A	A			
					I5.3	M	A	A5.6	M	MA
		A5.7	M	B						
		I5.4	M	MA	A5.6	M	B			
					A5.7	M	MA			

Tabla 27. Información del árbol de competencias del estudiante 1.

La Tabla 28 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 2.

C	Val.Cual	D	Val.Cual	Imp	I	Val.Cual	Imp	A	Val.Cual	Imp
C1	M	D1	B	MA	I1.1	B	A	A1.1	B	MA
								A1.2	MB	MA
								A1.3	M	MA
					I1.2	M	MA	A1.3	M	MA
								A1.4	A	A
					I1.3	MB	A	A1.5	M	A
								A1.6	B	MA
								I1.4	B	MA
					A1.7	B	MA			
					I1.5	A	MA	A1.8	A	A
		A1.9	A	MA						
		A1.10	B	A						
		D2	M	MA	I2.1	MA	A	A2.1	MA	MA
								A2.2	M	A
					I2.2	B	MA	A2.3	B	MA
								A2.4	MB	A
					I2.3	M	A	A2.4	MB	M
								A2.5	M	MA
					I2.4	B	MA	A2.5	M	A
								A2.6	B	MA
								A2.7	B	MA
I2.5	A	MA	A2.8	A	A					
			A2.9	M	M					

					12.6	M	A	A2.9	M	MA
								A2.10	M	A
								A2.11	B	MA
		D3	A	MA	13.1	A	MA	A3.1	A	MA
								A3.2	A	A
					13.2	M	MA	A3.2	A	A
								A3.3	M	MA
								A3.4	M	A
					13.3	A	A	A3.4	M	M
		A3.5	A	MA						
		A3.6	M	A						
		D4	M	MA	14.1	B	A	A4.1	B	A
								A4.2	B	A
					14.2	M	MA	A4.3	M	M
								A4.4	M	A
					14.3	A	MA	A4.5	A	MA
					14.4	B	MA	A4.5	A	B
								A4.6	B	MA
					14.5	M	MA	A4.7	B	M
								A4.8	M	MA
					14.6	M	A	A4.9	M	B
								A4.10	M	A
					14.7	B	A	A4.11	B	MA
		A4.12	MB	MA						
		A4.13	A	MA						
		14.8	M	MA	A4.14	M	A			
					A4.15	M	M			
		14.9	B	MA	A4.16	MB	A			
					A4.17	B	A			
		D5	B	MA	15.1	M	A	A5.1	M	A
A5.2	A							MA		
A5.3	M							A		
15.2	B				MA	A5.4	B	MA		
						A5.5	A	A		
15.3	B				A	A5.6	B	MA		
						A5.7	B	B		
15.4	B				MA	A5.6	B	B		
		A5.7	B	MA						

Tabla 28. Información del árbol de competencias del estudiante 2.

La Tabla 29 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 3.

C	Val.Cual	D	Val.Cual	Imp	I	Val.Cual	Imp	A	Val.Cual	Imp
C1	B	D1	B	MA	I1.1	B	A	A1.1	B	MA
								A1.2	B	MA
								A1.3	MB	MA
					I1.2	MB	MA	A1.3	MB	MA
								A1.4	B	A
					I1.3	M	A	A1.5	MB	A
								A1.6	M	MA
					I1.4	M	MA	A1.6	M	B
								A1.7	M	MA
					I1.5	B	MA	A1.8	B	A
		A1.9	B	MA						
		A1.10	MB	A						
		D2	B	MA	I2.1	M	A	A2.1	M	MA
								A2.2	M	A
					I2.2	B	MA	A2.3	B	MA
								A2.4	B	A
					I2.3	MB	A	A2.4	B	M
								A2.5	MB	MA
					I2.4	B	MA	A2.5	MB	A
								A2.6	B	MA
					I2.5	B	MA	A2.7	B	MA
								A2.8	B	A
					I2.6	B	A	A2.9	MB	M
		A2.9	MB	MA						
		A2.10	M	A						
		I2.11	B	MA	A2.10	M	A			
					A2.11	B	MA			
		D3	M	MA	I3.1	B	MA	A3.1	B	MA
								A3.2	M	A
					I3.2	M	MA	A3.2	M	A
A3.3	M							MA		
I3.3	M				A	A3.4	M	A		
						A3.4	M	M		
I3.5	M	MA	A3.5	M	MA					
			A3.6	M	A					
D4	MB	MA	I4.1	B	A	A4.1	B	A		
						A4.2	B	A		
			I4.2	MB	MA	A4.3	B	M		
						A4.4	MB	A		
			I4.3	B	MA	A4.5	B	MA		

		D5	A	MA	I4.4	MB	MA	A4.5	B	B
								A4.6	M	MA
					I4.5	MB	MA	A4.7	B	M
								A4.8	MB	MA
					I4.6	MB	A	A4.9	MB	B
								A4.10	MB	A
					I4.7	B	A	A4.11	B	MA
								A4.12	B	MA
								A4.13	B	MA
		I4.8	B	MA	A4.14	B	A			
					A4.15	MB	M			
		I4.9	MB	MA	A4.16	B	A			
					A4.17	MB	A			
		D5	A	MA	I5.1	A	A	A5.1	A	A
								A5.2	A	MA
								A5.3	M	A
					I5.2	MA	MA	A5.4	M	MA
A5.5	M							A		
I5.3	A				A	A5.6	A	MA		
						A5.7	A	B		
I5.4	A				MA	A5.6	A	B		
		A5.7	A	MA						

Tabla 29. Información del árbol de competencias del estudiante 3.

La Tabla 30 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 4.

C	Val.Cual	D	Val.Cual	Imp	I	Val.Cual	Imp	A	Val.Cual	Imp
C1	A	D1	MA	MA	I1.1	A	A	A1.1	A	MA
								A1.2	A	MA
								A1.3	A	MA
					I1.2	A	MA	A1.3	A	MA
								A1.4	M	A
					I1.3	MA	A	A1.5	A	A
								A1.6	MA	MA
					I1.4	MA	MA	A1.6	MA	B
								A1.7	MA	MA
		I1.5	A	MA	A1.8	A	A			
					A1.9	A	MA			
					A1.10	A	A			
		D2	A	MA	I2.1	M	A	A2.1	M	MA
								A2.2	M	A
					I2.2	A	MA	A2.3	A	MA

						A2.4	A	A		
				12.3	A	A	A2.4	A	M	
							A2.5	A	MA	
				12.4	A	MA	A2.5	A	A	
							A2.6	MA	MA	
							A2.7	M	MA	
				12.5	A	MA	A2.8	A	A	
							A2.9	A	M	
				12.6	MA	A	A2.9	A	MA	
							A2.10	MA	A	
							A2.11	MA	MA	
		D3	A	MA	13.1	A	MA	A3.1	A	MA
								A3.2	A	A
				13.2	A	MA	A3.2	A	A	
							A3.3	A	MA	
							A3.4	A	A	
				13.3	MA	A	A3.4	A	M	
							A3.5	MA	MA	
							A3.6	MA	A	
		D4	A	MA	14.1	A	A	A4.1	A	A
								A4.2	A	A
				14.2	MA	MA	A4.3	MA	M	
							A4.4	MA	A	
				14.3	A	MA	A4.5	A	MA	
				14.4	A	MA	A4.5	A	B	
							A4.6	A	MA	
				14.5	MA	MA	A4.7	M	M	
							A4.8	MA	MA	
				14.6	A	A	A4.9	MA	B	
							A4.10	A	A	
				14.7	A	A	A4.11	A	MA	
							A4.12	A	MA	
							A4.13	A	MA	
				14.8	A	MA	A4.14	A	A	
							A4.15	A	M	
				14.9	MA	MA	A4.16	MA	A	
							A4.17	MA	A	
		D5	A	MA	15.1	A	A	A5.1	A	A
								A5.2	A	MA
								A5.3	M	A
				15.2	A	MA	A5.4	A	MA	

						A5.5	MA	A	
				15.3	M	A	A5.6	M	MA
							A5.7	M	B
				15.4	M	MA	A5.6	M	B
							A5.7	M	MA

Tabla 30. Información del árbol de competencias del estudiante 4.

La Tabla 31 muestra la información del árbol de competencias del estudiante 5.

C	Val.Cual	D	Val.Cual	Imp	I	Val.Cual	Imp	A	Val.Cual	Imp
C1	M	D1	A	MA	I1.1	A	A	A1.1	A	MA
								A1.2	B	MA
								A1.3	A	MA
					I1.2	A	MA	A1.3	A	MA
								A1.4	MA	A
					I1.3	A	A	A1.5	MA	A
								A1.6	M	MA
					I1.4	M	MA	A1.6	M	B
								A1.7	M	MA
					I1.5	A	MA	A1.8	M	A
		A1.9	A	MA						
		A1.10	A	A						
		D2	M	MA	I2.1	M	A	A2.1	M	MA
								A2.2	M	A
					I2.2	M	MA	A2.3	M	MA
								A2.4	M	A
					I2.3	A	A	A2.4	M	M
								A2.5	A	MA
					I2.4	M	MA	A2.5	A	A
								A2.6	M	MA
					I2.5	M	MA	A2.7	B	MA
								A2.8	M	A
		I2.6	M	A	A2.9	M	M			
					A2.9	M	MA			
					A2.10	M	A			
		I2.6	M	A	A2.10	M	A			
					A2.11	A	MA			
					A2.11	A	MA			
		D3	M	MA	I3.1	M	MA	A3.1	M	MA
								A3.2	B	A
I3.2	B				MA	A3.2	B	A		
						A3.3	B	MA		
I3.3	M				A	A3.4	M	A		
							A3.4	M	M	

		D4	M	MA			A3.5	M	MA	
							A3.6	M	A	
					I4.1	A	A	A4.1	M	A
								A4.2	A	A
					I4.2	A	MA	A4.3	M	M
								A4.4	A	A
					I4.3	M	MA	A4.5	M	MA
					I4.4	M	MA	A4.5	M	B
								A4.6	M	MA
					I4.5	M	MA	A4.7	B	M
								A4.8	M	MA
					I4.6	M	A	A4.9	M	B
								A4.10	M	A
					I4.7	A	A	A4.11	A	MA
		A4.12	A	MA						
		A4.13	A	MA						
		I4.8	M	MA	A4.14	M	A			
					A4.15	M	M			
		I4.9	A	MA	A4.16	M	A			
					A4.17	A	A			
		D5	M	MA	I5.1	M	A	A5.1	M	A
								A5.2	A	MA
								A5.3	M	A
					I5.2	M	MA	A5.4	M	MA
								A5.5	M	A
					I5.3	B	A	A5.6	B	MA
								A5.7	B	B
					I5.4	B	MA	A5.6	B	B
A5.7	B							MA		

Tabla 31. Información del árbol de competencias del estudiante 5.

F.4.2. Árboles de pruebas grupales

Dado que la estructura de los árboles grupales obedece a la misma estructura de los árboles individuales, a continuación se presenta la información proporcionada por cada experto organizada en tablas.

- Información árbol grupal experto 1

La Tabla 32 presenta la información organizada del árbol de competencias grupal proporcionado por el experto.

	a1.1.1		a1.1.2		a1.2.1		a1.3.1		a1.4.1		a1.4.2		a1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1.1	M	A	B	MA	B	MA	A	B	B	A	B	M	M	A
1.2	B	MA	B	A	B	M	M	A	M	B	M	MA	M	M
2.1	M	M	M	A	B	A	B	A	M	A	M	MA	B	MA
2.2	B	MA	M	M	B	MA	B	MA	M	MA	M	M	M	M
3.1	B	A	B	MA	M	B	M	B	M	M	M	B	B	MA
3.2	B	M	M	M	M	MA	B	M	M	MA	B	M	M	B
4.1	M	B	A	A	M	B	B	MA	MB	A	M	A	B	A
4.2	B	A	A	B	B	M	A	M	M	M	A	MA	M	MA
5.1	M	MA	B	MA	B	MA	M	M	B	B	M	M		
5.2	M	A	M	MA	B	M	A	A	B	A	B	MA		
6.1	M	M	A	MA	B	MA	M	A	M	MA				
6.2	B	MA	A	A	M	MA	M	MA	M	M				
7.1	B	A			B	A								
7.2	B	M			B	MA								
8.1	B	B												
8.2	M	A												
	i.1.1.1		i.1.1.2		i.1.2.1		i.1.3.1		i.1.4.1		i.1.4.2		i.1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
1	B	MA	B	MA	B	B	A	M	B	M	M	B	M	MA
2	B	M	M	MA	B	MA	B	MA	M	A	M	A	B	A
3	B	MA	B	B	M	MA	B	A	M	MA	B	MA	B	A
4	B	A	A	A	B	M	M	B	B	MA	A	MA	M	MA
5	M	M	M	M	B	A	A	A	B	A	B	A		
6	B	A	A	MA	M	A	M	MA	M	M				
7	B	MA			B	M								
8	M	MA												
	SC1.1.1		SC1.1.2		SC1.2.1		SC1.3.1		SC1.4.1		SC1.4.2		SC1.5.1	
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
	B	MA	M	A	B	MA	M	MA	M	M	M	A	M	A
	D1.1				D1.2		D1.3		D1.4				D1.5	
	Val. Cual		Imp		Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual		Imp		Val. Cual	Imp
	B		MA		B	A	M	M	M		A		M	A
C1														
Valor cualitativo								Importancia						
	M							MA						
	a2.1.1		a2.2.1		a2.2.2		a2.2.3		a2.3.1					

	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	
1.1	M	MA	M	A	A	M	M	MA	M	A	
1.2	M	M	M	MA	M	A	B	B	A	M	
2.1	M	M	B	B	M	A	M	M	M	B	
2.2	B	MA	B	MA	A	MA	A	MA	B	MA	
3.1	M	A	M	A	A	M	M	B	M	MA	
3.2	A	MA	A	B	MA	A	M	M	M	A	
4.1	M	M	A	A	A	A	M	A	A	B	
4.2	M	A	A	B	A	M	M	MA	M	M	
5.1	M	A	M	MA	B	B	M	B	A	A	
5.2	M	M	A	M	M	MA	M	MA	A	M	
6.1	M	B	M	M	A	M	A	A	M	MA	
6.2	B	MA	A	A	M	A	A	M	M	MA	
7.1	M	MA	A	MA	A	A	M	B	M	B	
7.2	B	A	B	MA	A	A	M	A	M	A	
8.1			M	M	M	B			M	B	
8.2			M	M	M	M			A	A	
9.1						A	MA			B	MA
9.2						M	A			M	A
10.1						B	MA			M	B
10.2						B	A			M	MA
11.1						M	M			M	A
11.2						M	A			M	B
12.1						A	B				
12.2						M	A				
13.1						M	MA				
13.2						M	M				
14.1						B	MA				
14.2						A	B				
	i.2.1.1		i.2.2.1		i.2.2.2		i.2.2.3		i.2.3.1		
	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	
1	M	A	M	A	M	A	M	MA	A	B	
2	B	MA	B	A	A	MA	A	A	B	A	
3	A	A	A	MA	MA	A	M	MA	M	M	
4	M	M	A	B	A	MA	M	M	A	MA	
5	M	B	M	MA	M	B	M	A	M	B	
6	B	M	A	B	M	A	A	B	M	A	
7	M	MA	M	M	M	MA	M	MA	M	MA	
8			M	MA	M	M			A	A	
9					A	B			B	M	

10				B	MA			M	MA
11				M	A			M	B
12				M	M				
13				M	B				
14				M	MA				
SC2.1.1		SC2.2.1		SC2.2.2		SC2.2.3		SC2.3.1	
Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp	Val. Cual	Imp
M	A	M	A	M	MA	M	M	M	A
D2.1		D2.2				D2.3			
Val. Cua	Imp	Valor cualitativo			Importancia		Val. Cual	Imp	
M	A	M			MA		M	MA	
C2									
Valor cualitativo					Importancia				
M					A				

Tabla 32. Información del árbol grupal del experto 1.

- Información árbol grupal experto 2

La Tabla 33 presenta la información organizada del árbol de competencias grupal proporcionado por el experto.

C	Val. Cual	D	Val. Cual	Imp	SubComp	Val. Cual	Imp	I	Val. Cual	Imp	A	Val. Cual	Imp
C1	A	D1	M	A	SC1.1	M	M	l1.1.1	A	A	A1.1.1.1	A	MA
											A1.1.1.2	A	MA
								l1.1.2	M	A	A1.1.2.1	M	MA
											A1.1.2.2	M	MA
					SC1.2	M	A	l1.2.1	A	A	A1.2.1.1	A	MA
											A1.2.1.2	A	MA
								l1.2.2	A	A	A1.2.2.1	A	MA
											A1.2.2.2	A	MA
C2	A	D2	A	A	SC2.1	M	M	l2.1.1	M	M	A2.1.1.1	M	MA
											A2.1.1.2	M	MA
								l2.1.2	M	M	A2.1.2.1	M	MA
											A2.1.2.2	M	MA
					SC2.2	M	A	l2.2.1	A	A	A2.2.1.1	A	MA
											A2.2.1.2	A	MA
								l2.2.2	A	MA	A2.2.2.1	A	MA
											A2.2.2.2	A	MA

Tabla 33. Información del árbol grupal del experto 2.

- Información árbol grupal experto 3

La Tabla 34 presenta la información organizada del árbol de competencias grupal proporcionado por el experto.

C	Val. Cual	D	Val. Cual	Imp	SubComp	Val. Cual	Imp	I	Val. Cual	Imp	A	Val. Cual	Imp						
C1	A	D1	A	MA	Sc1	A	MA	I1.1	A	A	A1.1	A	MA						
											A1.2	M	MA						
											A1.3	A	MA						
								I1.2	A	MA	A1.3	A	MA						
											A1.4	M	A						
								I1.3	M	A	A1.5	M	A						
											A1.6	M	MA						
								I1.4	M	MA	A1.6	M	B						
											A1.7	M	MA						
								I1.5	A	MA	A1.8	A	A						
											A1.9	A	MA						
											A1.10	M	A						
								D2	A	MA	Sc2	A	MA	I2.1	A	A	A2.1	A	MA
																	A2.2	M	A
														I2.2	B	MA	A2.3	B	MA
		A2.4	B	A															
		I2.3	M	A	A2.4	B	M												
					A2.5	M	MA												
		I2.4	B	MA	A2.5	M	A												
					A2.6	B	MA												
		I2.5	A	MA	A2.7	B	MA												
					A2.8	A	A												
		I2.6	M	A	A2.9	M	M												
					A2.9	M	MA												
					A2.10	M	A												
		I2.6	M	A	A2.11	B	MA												
		D3	M	MA	Sc3	M	MA	I3.1	A	MA	A3.1	A	MA						
A3.2	M										A								
I3.2	M							MA	A3.2	M	A								
									A3.3	B	MA								
I3.3	M							A	A3.4	M	A								
									A3.4	M	M								
I3.3	M	A	A3.5	M	MA														
			A3.6	M	A														
D4	M	MA	Sc4	M	MA	I4.1	M	A	A4.1	B	A								
									A4.2	M	A								

		D5	A	MA	Sc5	A	MA	14.2	M	MA	A4.3	B	M
											A4.4	M	A
								14.3	A	MA	A4.5	A	MA
								14.4	M	MA	A4.5	A	B
											A4.6	M	MA
								14.5	M	MA	A4.7	B	M
											A4.8	M	MA
								14.6	B	A	A4.9	M	B
											A4.10	B	A
		14.7	M	A	A4.11	M	MA						
					A4.12	M	MA						
					A4.13	A	MA						
		14.8	M	MA	A4.14	M	A						
					A4.15	M	M						
		14.9	M	MA	A4.16	B	A						
					A4.17	M	A						
		D5	A	MA	Sc5	A	MA	15.1	A	A	A5.1	A	A
											A5.2	A	MA
											A5.3	A	A
15.2	A							MA	A5.4	M	MA		
									A5.5	A	A		
15.3	M							A	A5.6	M	MA		
									A5.7	M	B		
15.4	M							MA	A5.6	M	B		
		A5.7	M	MA									

Tabla 34. Información del árbol grupal del experto 3.

Anexo G

Manual de usuario

Este anexo presenta el manual de instalación y uso del servidor y servicio web QuiPECA-WS (**Q**ualitative **I**nformation **P**rocessing for the **E**ducational **C**ompetencies **A**ssessment – **W**eb **S**ervice).

G.1. Requisitos

Para instalar el servicio web mencionado es necesario contar con los siguientes requerimientos en el entorno de instalación.

- NetBeans 8.0.2 o superior con JDK 8 o superior (preferiblemente con OS Windows 7).
- Servidor Glassfish 4.1 o superior.
- Librerías de MongoDB 2.14.2 o superior y Google Gson 2.3.1 o superior (adjuntas en los anexos digitales en la carpeta “Librerías”).

G.2. Pasos para la puesta en marcha del servicio

G.2.1. Cargar el proyecto en IDE NetBeans

Una vez en el IDE NetBeans vaya a la opción File > Open Project, una vez allí seleccione la carpeta Anexos digitales > Prototipo Servicio Web y seleccione el proyecto “QuiPECA-WS-Version 1.1” como se muestra en la Figura 21.

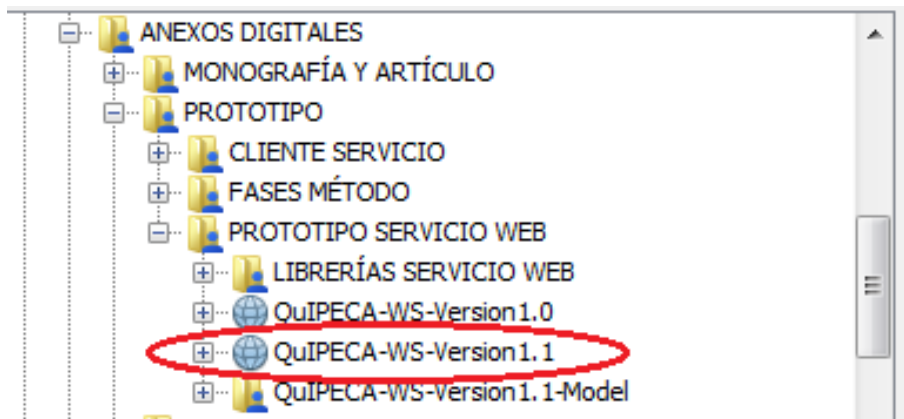


Figura 21. Carga del servicio.

G.2.2. Agregar las librerías Mongo y Gson.

Una vez abierto el proyecto se generarán varios errores en este, como se observa en la Figura 22.

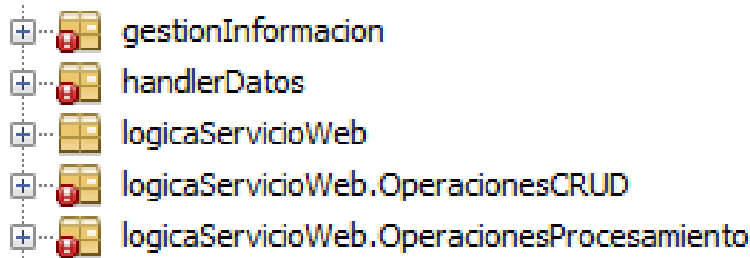


Figura 22. Errores en el proyecto.

Estos errores se presentan debido a que no se han incluido las librerías para que el servicio pueda funcionar. Para agregar dichas librerías, en el proyecto dé click derecho en el folder “Libraries” y seleccione “add Library” como se ve en la Figura 23.

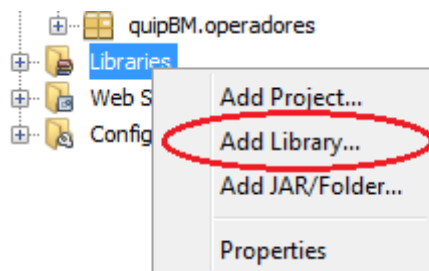


Figura 23. Agregando las librerías.

En el menú de selección de la librería dé click en la opción “créate”. En el campo “Library Name” ubique el nombre con el que se va a identificar la librería. En este caso “MongoDB” y en “Library Type” deje la opción “Class Libraries” y pulse “OK”.

Ahora en la ventana “Classpath” seleccione la opción “Add jar/Folder” y busque la ruta: Anexos digitales/ prototipo/ prototipo servicio web/ librerías servicio web/mongodb y seleccione el archivo “mongo-java-driver-2.14.2” y de click en el botón “Add JAR/Folder” como se ve en la Figura 24.

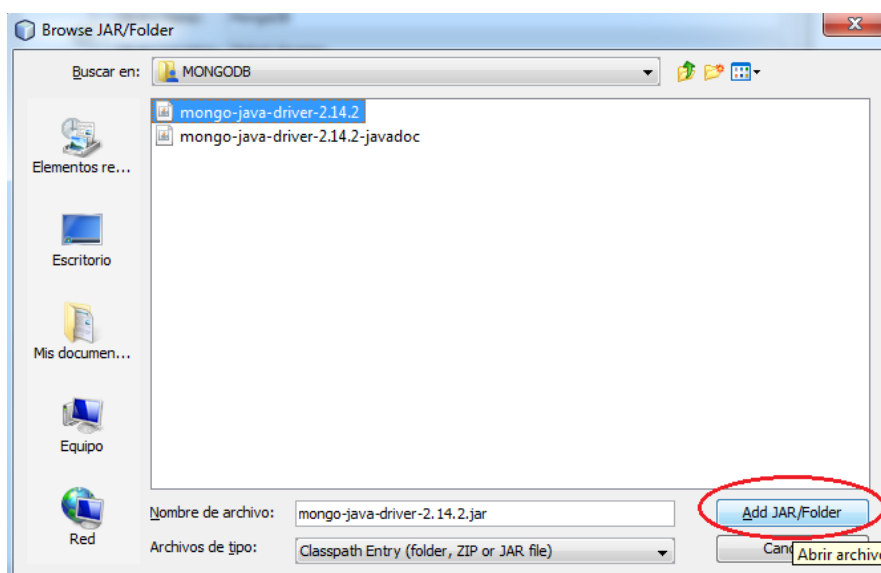


Figura 24. Selección del .jar para MongoDB.

Ahora el IDE regresará a la ventana anterior. Allí debe seleccionar la pestaña “Javadoc” y seleccionar la opción “Add zip/Folder” y en la misma ruta, seleccione el archivo “mongo-java-driver-2.14.2-javadoc” y dé click en “Add JAR/Folder” tal como en la parte anterior.

Finalmente, en la lista de librerías seleccione la librería que acaba de crear, en este caso “MongoDB”, como se muestra en la Figura 25.

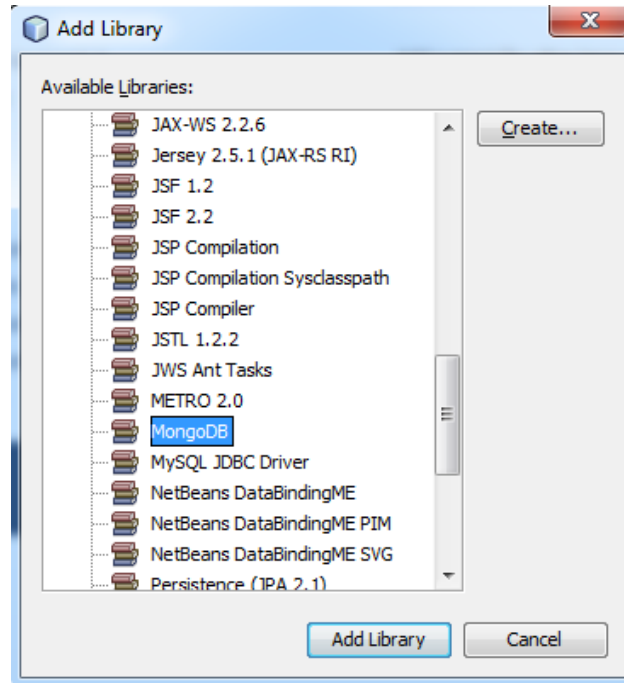


Figura 25. Agregando la librería MongoDB.

Finalmente dé click en el botón “Add Library” y la librería será agregada.

Siga el mismo procedimiento para agregar la librería Google Gson, pero en este caso no agregue el archivo javadoc. Finalmente se encontrará en el mismo menú en el que agregé MongoDB como se muestra en la Figura 26.

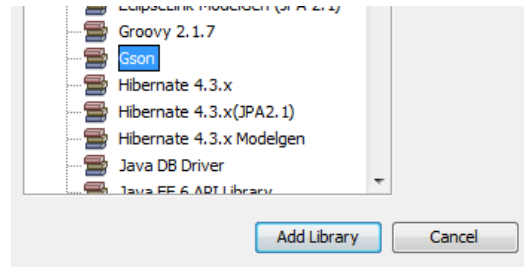


Figura 26. Agregando la librería Gson.

Finalmente seleccione la librería que acaba de crear y seleccione “Add Library”. Con esto, todos los errores en el proyecto deberían eliminarse. A continuación se correrá el servicio web.

G.2.3. Configuración de la conexión a la base de datos

El servicio web viene pre-configurado con la base de datos con la que se realizó el experimento. Si desea cambiar la base de datos con la que va a trabajar el servicio,

en el proyecto dirigirse al paquete “handlerDatos”, una vez allí, abrir la clase “MongoHandler” y en la línea MongoClientURI cambiar la URI por defecto y colocar la nueva URI, como se muestra en la Figura 27.

```
public boolean crearConexion() {  
    try {  
        MongoClientURI uri = new MongoClientURI("mongodb://aotero.  
        clienteMongo = new MongoClient(uri);  
    }  
}
```

Figura 27. Cambio de la URI.

G.2.4. Puesta en marcha de QuiPECA-WS

Para iniciar la ejecución del servicio, dé click derecho sobre el ícono del proyecto y seleccione la opción “Run” como se muestra en Figura 28.

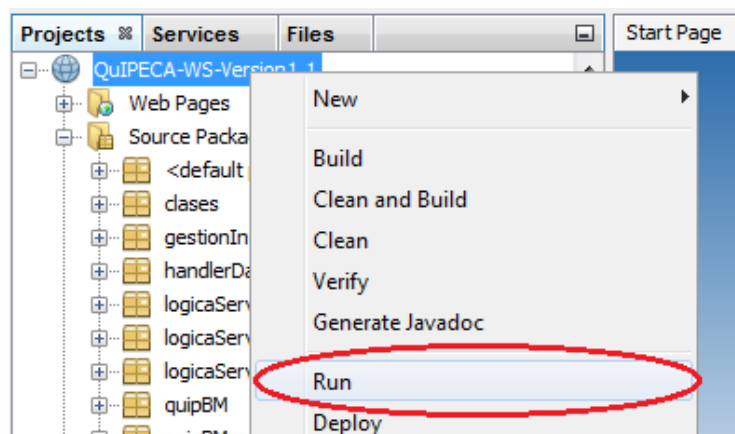


Figura 28. Iniciando el servicio.

Si aparece algún conflicto con una librería perdida, dar click derecho sobre el proyecto y seleccionar “Properties”. Una vez allí dirigirse a “Libraries” y remover la librería que esté generando el conflicto. Tener en cuenta que se deben incluir las dos librerías que se indicaron anteriormente.

La primera ejecución, el servidor tarda un poco en iniciar, esto es normal. Cuando el servidor ya ha desplegado el servicio, se abrirá una página en el navegador con el contenido “TODO Write content”, esto indica que el servicio web ya está en marcha.

A continuación verificaremos el funcionamiento de las tuberías. Para ello nos dirigimos al folder “Web Services” y damos click derecho en cualquiera de los dos servicios disponibles y seleccionamos la opción “Test Web Service” como muestra la Figura 29.

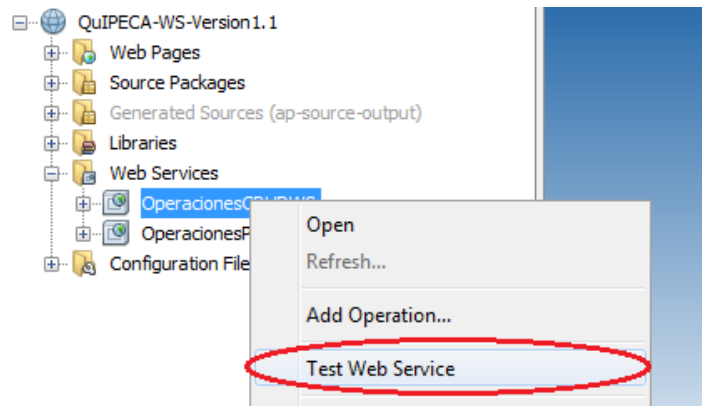


Figura 29. Testeando las tuberías del servicio web.

Si por alguna razón el servicio no inicia y se genera un mensaje de error de la página de testeo del servicio web, siga los pasos indicados en <https://netbeans.org/kb/docs/websvc/jax-ws.html#extschema>, en el apartado “Enabling Access to External Schema”. Si esto no funciona, elimine y reinstale el servidor Glassfish. Si todo está correcto, debería verse como lo muestra la Figura 30.

OperacionesCRUDWS Web Service Tester

This form will allow you to test your web service implementation ([WSDL File](#))

To invoke an operation, fill the method parameter(s) input boxes and click on the button labeled with the method name.

Methods :

```
public abstract java.lang.Boolean logicaservicioweb.operacionescrud.OperacionesCRUDWS.eliminarGrupo(java.lang.String)
eliminarGrupo (  )
```

```
public abstract java.lang.Boolean logicaservicioweb.operacionescrud.OperacionesCRUDWS.editarEstudiante(java.lang.String)
editarEstudiante (  )
```

```
public abstract java.lang.String logicaservicioweb.operacionescrud.OperacionesCRUDWS.consultarGrupo(java.lang.String)
consultarGrupo (  )
```

```
public abstract java.lang.Boolean logicaservicioweb.operacionescrud.OperacionesCRUDWS.crearEstudiante(java.lang.String)
crearEstudiante (  )
```

```
public abstract java.lang.Boolean logicaservicioweb.operacionescrud.OperacionesCRUDWS.editarGrupo(java.lang.String)
editarGrupo (  )
```

Figura 30. Servicio en marcha.

Todas las interfaces del servicio reciben los objetos serializados como String en formato json. Tanto las del CRUD como las del Procesamiento cualitativo,

respetando la estructura de los modelos de objetos del paquete “clases”. En las operaciones para el procesamiento cualitativo, el orden de los parámetros es el siguiente:

- Para la operación “procesarGrupo()” los parámetros son:
 - Parámetro 1: Código del estudiante a procesar, de tipo String.
 - Parámetro 2: Código de la escala de evaluación a usar, de tipo String.
 - Parámetro 3: Validar las valoraciones cualitativas existentes: de tipo booleano. Para validar las valoraciones existentes “true”, de lo contrario “false”.
 - Parámetro 4: Guardar resultados en base de datos, de tipo booleano. “True” si desea que el resultado del procesamiento se guarde en la base de datos “false” en caso contrario.
- Para la operación “procesarEstudiante()” los parámetros son:
 - Parámetro 1: Código del grupo a procesar, de tipo String.
 - Parámetro 2: Código de la escala de evaluación a usar, de tipo String.
 - Parámetro 3: Validar las valoraciones cualitativas existentes: de tipo booleano. Para validar las valoraciones existentes “true”, de lo contrario “false”.
 - Parámetro 4: Guardar resultados en base de datos, de tipo booleano. “True” si desea que el resultado del procesamiento se guarde en la base de datos “false” en caso contrario.

El consumo del servicio web se hace de la misma forma que los servicios basados en SOAP (se puede ver un tutorial aquí: [https://netbeans.org/kb/docs/websvc/jax-ws.html#Exercise 3 1](https://netbeans.org/kb/docs/websvc/jax-ws.html#Exercise_3_1)). Los tipos de datos retornados por cada operación pueden ser consultados en el código fuente del prototipo.

Si se desea hacer un backup de la base de datos puede seguir este tutorial <http://codehero.co/mongodb-desde-cero-respaldos-y-restauracion/>.

Bibliografía

- [1] Colombia Aprende, «Colombia aprende,» Ministerio de educación República de Colombia, [En línea]. Available: <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/competencias/1751/w3-propertyvalue-44921.html>. [Último acceso: 27 Abril 2016].
- [2] C. M. Vélez White, J. I. Díaz Tafur, Á. Leuro Ávila, Y. Vanegas Sanchez y M. Ochoa, Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas, Bogotá: Ministerio de Educación Nacional, 2006.
- [3] Gobierno Vasco, *Las competencias básicas en el sistema educativo de la C.A.P.V.*, Dirección de Innovación Educativa.
- [4] E. Millán Valldeperas, «Lenguajes y ciencias de la computación, Universidad de Málaga,» [En línea]. Available: <http://www.lcc.uma.es/~eva/aic/apuntes/fuzzy.pdf>. [Último acceso: 1 Septiembre 2015].
- [5] R. Singh Yadav y V. Pratap Singh, «Modeling Academic Performance Evaluation Using Soft Computing Techniques: A Fuzzy Logic Approach,» *International Journal on Computer Science and Engineering*, vol. 3, nº 2, pp. 676-686, 2011.
- [6] M. I. Alfonso Galipienso, M. A. Cazorla Quevedo, O. Colomina Pardo, F. Escolano Ruiz y M. A. Lozano Ortega, *Inteligencia artificial: modelos, técnicas y áreas de aplicación*, Madrid: Paraninfo, 2003.
- [7] A. García Serrano, *Inteligencia Artificial. Fundamentos, práctica y aplicaciones*, Madrid: RC Libros.
- [8] F. Herrera y L. Martínez , «A 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words,» *IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS*, vol. 8, nº 6, pp. 746-742, 2000.
- [9] D. Cervantes Rodón y Y. Zulueta Véliz, «2-tuplas lingüísticas en la evaluación de equipos de desarrollo de software,» *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 8, nº 1, pp. 59-72, 2015.
- [10] B. Baesens, R. Setiono, C. Mues y J. Vanthienen, «Using neural network rule extraction and decision tables for credit-risk evaluation,» *Management Science*, vol. 49, nº 3, pp. 312-329, 2003.
- [11] R. Flórez López y J. M. Fernández Fernández, *Las Redes Neuronales Artificiales*, Netbiblo, 2008.
- [12] G. L. Acevedo Orduña, E. F. Caicedo Bravo y H. Loaiza Correa, «Selección de personal mediante redes neuronales artificiales,» *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, vol. 14, nº 1, pp. 7-20, 2007.
- [13] R. Wardlaw y M. Sharif, «Evaluation of genetic algorithms for optimal reservoir system operation,» *Journal of water resources planing and management*, pp. 25-33, 1999.
- [14] P. Gómez Otero, «Estudio de los algoritmos genéticos para el desarrollo de sistemas de control,» *Ingeniería y Desarrollo*, nº 8, pp. 130-138, 2001.

- [15] G. A. Gómez Rojas, J. C. Henao López y H. Salazar Isaza, «Entrenamiento de una red neuronal artificial usando el algoritmo simulated annealing,» *Scientia Et Technica*, vol. X, nº 24, pp. 13-18, 2004.
- [16] H. Martínez Alfaro y M. Valenzuela Rendón, «Using simulated annealing with a neighborhood heuristic for roll cutting optimization,» *Computación y Sistemas*, vol. 13, nº 1, pp. 87-95, 2009.
- [17] J. S. Arias Rojas, J. F. Jiménez y J. R. Montoya Torres, «Solving of school bus routing problem by ant colony optimization,» *Revista EIA*, nº 17, pp. 193-207, 2012.
- [18] M. E. Ruiz Rivera, J. E. Yarasca Carranza y E. Ruiz Lizama, «Análisis de la comprensión de imágenes utilizando clustering bajo el enfoque de colonia de hormigas,» *Industrial Data*, vol. 16, nº 2, pp. 118-131, 2013.
- [19] X. Min Hu, J. Zhang, H. S. Hung Chung, O. Liu y J. Xiao, «An Intelligent Testing System Embedded With an Ant-Colony-Optimization-Based Test Composition Method,» *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS*, vol. 39, nº 6, pp. 659-669, 2009.
- [20] V. Yannibelli, D. Godoy y A. Amandi, «A Genetic Algorithm Approach to Recognise Students' Learning Styles,» *Interactive Learning Environments*, vol. 14, nº 1, p. 55 – 78, 2006.
- [21] B. C. HARDGRAVE, R. L. WILSON y K. A. WALSTRO, «Predicting graduate student success: A comparison of neural networks and traditional techniques,» *Computers and Operations Research*, vol. 21, nº 3, pp. 249-263., 1993.
- [22] H. Chen, G. Shankaranarayanan, L. She y A. Iyer, «A Machine Learning Approach to Inductive Query by Examples: An Experiment Using Relevance Feedback, ID3, Genetic Algorithms, and Simulated Annealing,» *JOURNAL OF THE AMERICAN SOCIETY FOR INFORMATION SCIENCE*, vol. 49, nº 8, p. 693–705, 1998.
- [23] B. Minaei Bidgoli y W. F. Punch, «Using Genetic Algorithms for Data Mining Optimization in an Educational Web-Based System,» de *Genetic and Evolutionary Computation Conference*, Heidelberg, 2003.
- [24] C. Romero, . S. Ventura, P. G. Espejo y C. Hervás, «Data Mining Algorithms to Classify Students,» de *The 1st International Conference on Educational Data Mining*, Montréal, Québec, Canada, 2008.
- [25] M. Chandrasekaran, M. Muralidhar, C. Murali Krishna y U. S. Dixit, «Application of soft computing techniques in machining performance prediction and optimization: a literature review,» *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, nº 46, p. 445–464, 2010.
- [26] F. Herrera, S. Alonso, F. Chiclana y E. Herra-Viedma, «Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects,» *Fuzzy Optim Decis Making*, nº 8, pp. 337-364, 2009.
- [27] J. Kacprzyk, *Advanced Concepts in Fuzzy Logic and Systems with Membership Uncertainty*, Heidelberg: Springer, 2013.
- [28] E. Cox, *Fuzzy modeling and genetic algorithms for data mining and exploration*, San Francisco CA.: Elsevier Inc., 2005.

- [29] R. Shanmugavadivu y N. Nagarajan, «Learning of Intrusion detector in conceptual approach of fuzzy towards intrusion methodology,» *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, vol. 2, nº 5, pp. 246-250, 2012.
- [30] H. Povoas de Lima y H. d. A. Camargo, «A methodology for building fuzzy rule-based systems integrating expert and data knowledge,» de *Brazilian conference on intelligent systems*, Sao Paulo - Brasil, 2014.
- [31] J. M. Fernández Garrido y I. Requena Ramos, «A Methodology for Constructing Fuzzy Rule-Based Classification Systems,» *Mathware & Soft Computing*, nº 7, pp. 285-197, 2000.
- [32] M. Detyniecki, «Fundamentals on aggregation operators,» *Berkeley initiative in soft computing*, 2001.
- [33] Z. S. Xu y Q. L. Da, «An overview of operators for aggregating information,» *International Journal Of Intelligent System*, vol. 18, pp. 953-969, 2003.
- [34] Z. Xu, «Linguistic aggregation operators: An Overview,» de *Fuzzy Sets and Their Extensions: Representation, Aggregation and Models*, Springer, 2008, pp. 163-179.
- [35] P.-T. Chang y K.-C. Hung, «Applying the Fuzzy-Weighted-Average approach to evaluate network security systems,» *Computers and Mathematics with Applications*, nº 49, pp. 1797-1814, 2005.
- [36] I. D. Gómez Araújo, J. E. Quiroga Méndez y N. M. Jaspón Carvajal, «Calificación de estudiantes por medio de un sistema de lógica difusa,» *Educación en Ingeniería*, nº 8, pp. 49-56, 2009.
- [37] I. Benítez y J. L. Díez, «Técnicas de agrupamiento para el análisis de datos cuantitativos y cualitativos,» *Departamento de Ingeniería de sistemas y automática. UPV*, 2005.
- [38] R. Lemuz López, W. Gómez López, I. Ayaquica Martínez y C. Guillén Galván, «Selección de electrodos basada en K-means para la clasificación de actividad motora en EEGG,» *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, vol. 35, nº 2, pp. 107-114, 2014.
- [39] M. Badaracco y L. Martínez, «A fuzzy linguistic algorithm for adaptive test in Intelligent Tutoring System based on competences,» *Expert Systems with Applications*, nº 40, p. 3073–3086, 2013.
- [40] J. Serrano Guerrero, F. P. Romero y J. A. Olivas, «Hyperion: a fuzzy approach for recommending educational activities based on acquisition of competences,» *Information science*, nº 248, pp. 114-129, 2013.
- [41] K. K. Fung Yuen, «A fuzzy qualitative evaluation system: A multi-granular aggregation approach using fuzzy compound linguistic variable,» *Journal of Intelligent & fuzzy systems*, nº 24, p. 61 – 78, 2013.
- [42] C. R. Huapaya, F. A. Lizarralde y G. M. Arona, «Modelo basado en lógica difusa para el diagnóstico cognitivo del estudiante,» *Formación universitaria*, vol. 5, nº 1, pp. 13-20, 2012.

- [43] C. Huapaya, F. Lizarralde, G. Arona y J. Vivas, «Sesgos en la evaluación del estudiante con bajo rendimiento. Un sistema de mejoramiento diagnóstico basado en lógica difusa,» *Revista de educación*, nº 1, pp. 181-198, 2010.
- [44] E. N. Nasibov y A. Ö. Kinay, «An iterative approach for estimation of student performances based on linguistic evaluations,» *Information Sciences*, nº 179, pp. 688-698, 2009.
- [45] R. Y. Shikhlinakaya, «On solution of one fuzzy logic problem,» *airXiv*, vol. 1, 2008.
- [46] S. M. Chen y T. K. Li, «Evaluating students' learning achievement based on fuzzy rules with fuzzy reasoning capability,» *Experts Systems with Applications*, nº 38, pp. 4368-4381, 2011.
- [47] A. Grande Meza, «Observadores Difusos y Control Adaptable Difuso Basado en observadores,» *Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto Politécnico Nacional*, 2003.
- [48] R. M. Huachica, E. M. Dafaoui y A. E. Mhamedi, «A competence based evaluation and selection problem by fuzzy linguistic computing,» de *Internation Symposium on Computational Intelligence an Design*, Montreuil, France, 2010.
- [49] H. Raoudha, D. E. Mouloudi, H. Selma y E. M. Abderrahman, «A new approach for an efficient human resource appraisal and selection,» *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 2, nº 5, pp. 323-343, 2012.
- [50] R. M. Hachicha, E. M. Dafaoui y E. A. Mhamedi, «Competence evaluation approach based on 2-tuple linguistic representation model,» *IEEE*, nº 9, pp. 879-884, 2009.
- [51] T. Read, B. Barros, E. Bárcena y J. Pancorbo, «Coalescing individual and collaborative learning to model user linguistic competences,» *Springer Science+Business Media*, nº 16, pp. 349-376, 2006.
- [52] Q. Li, «A novel Likert scale based on fuzzy sets theory,» *Expert systems with Applications*, nº 83, pp. 1609-1618, 2013.
- [53] C. K. Law, «Using fuzzy numbers in educational grading system,» *Fuzzy sets and systems*, nº 83, pp. 311-323, 1996.
- [54] Java, «Conozca más sobre la tecnología Java,» [En línea]. Available: <https://www.java.com/es/about/>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [55] E. González, «¿Qué es PHP? y ¿Para qué sirve? Un potente lenguaje de programación para crear páginas web,» [En línea]. Available: http://www.aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=492:ique-es-php-y-ipara-que-sirve-un-potente-lenguaje-de-programacion-para-crear-paginas-web-cu00803b&catid=70:tutorial-basico-programador-web-php-desde-cero&Itemid=193. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [56] S. Holden, «Python,» 4 Marzo 2014. [En línea]. Available: <https://wiki.python.org/moin/BeginnersGuide/Overview>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [57] Ruby, «Ruby, el mejor amigo de un desarrollador,» [En línea]. Available: <https://www.ruby-lang.org/es/about/>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].

- [58] Genbeta, «Eclipse IDE,» 10 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.genbetadev.com/herramientas/eclipse-ide>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [59] Genbeta, «NetBeans,» 9 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.genbetadev.com/herramientas/netbeans-1>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [60] django, «Meet Django,» [En línea]. Available: <https://www.djangoproject.com/>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [61] Ruby on rails, «Ruby on Rails: El desarrollo web que no molesta,» [En línea]. Available: <http://www.rubyonrails.org.es/>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [62] J. D. Anguiano Morales, «Características y tipos de bases de datos,» 30 Junio 2014. [En línea]. Available: https://www.ibm.com/developerworks/ssa/data/library/tipos_bases_de_datos/. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [63] J. Dash, «RDBMS vs. NoSQL: How do you pick?,» 18 Septiembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.zdnet.com/article/rdbms-vs-nosql-how-do-you-pick/>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [64] acensWhitepapers, «Bases de datos NoSQL. Qué son y tipos que nos podemos encontrar,» [En línea]. Available: <https://www.acens.com/wp-content/images/2014/02/bbdd-nosql-wp-acens.pdf>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [65] Genbeta, «MongoDB: qué es, cómo funciona y cuándo podemos usarlo (o no),» 3 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.genbetadev.com/bases-de-datos/mongodb-que-es-como-funciona-y-cuando-podemos-usarlo-o-no>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [66] EcuRed, «MongoDB,» 18 Noviembre 2011. [En línea]. Available: <http://www.ecured.cu/MongoDB>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [67] Genbeta, «Amazon lanza DynamoDB, una base de datos NoSQL desarrollada internamente,» 19 Enero 2012. [En línea]. Available: <http://www.genbetadev.com/programacion-en-la-nube/amazon-lanza-dynamodb-una-base-de-datos-nosql-desarrollada-integramente-por-ellos>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [68] Genbeta, «Bases de datos NoSQL. Elige la opción que mejor se adapte a tus necesidades,» 27 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.genbetadev.com/bases-de-datos/bases-de-datos-nosql-elige-la-opcion-que-mejor-se-adapte-a-tus-necesidades>. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [69] EcuRed, «Apache Cassandra,» [En línea]. Available: http://www.ecured.cu/Apache_Cassandra. [Último acceso: 3 Febrero 2016].
- [70] M. I. Alfonso, «Servicios Web y SOA,» 26 Junio 2014. [En línea]. Available: <http://www.jtech.ua.es/j2ee/publico/servc-web-2012-13/wholesite.pdf>. [Último acceso: 4 Febrero 2016].

- [71] R. Navarro Marset, «Rest vs Web Services,» [En línea]. Available: <http://users.dsic.upv.es/~rnavarro/NewWeb/docs/RestVsWebServices.pdf>. [Último acceso: 4 Febrero 2016].
- [72] IEEE, *Presentación ISO/IEC/IEEE 29119*, MADRID: GRUPO DE TRABAJO AENOR, 2014.
- [73] IEEE, *IEEE Standard for Software Unit Testing*, New York: ANS/IEEE, 1993.
- [74] IEEE, *ISO/IEC/IEEE 29119-3*, New York: ISO - IEC - IEEE, 2013.
- [75] IEEE, *Guide to the software engineering body of knowledge*, Los Alamitos, California: IEEE Computer Society, 2001.
- [76] I. DAGAN, L. LEE y F. C. PEREIRA, «Similarity-Based Models of Word Cooccurrence Probabilities,» *Machine Learning*, vol. 34, p. 43–69, 1999.
- [77] A. Gionis, P. Indyk y R. Motwani, «Similarity Search in High Dimensions via Hashing,» de *25th VLDB Conference*, Edinburg, Scotland, 1999.
- [78] L. Lee, *Measures of Distributional Similarity*, Ithaca NY: Cornell University.
- [79] Princeton Press, *Lp Spaces and Banach Spaces*, Princeton University.
- [80] M. K. Aguilera, R. E. Strom, D. C. Stunnen, M. AsHey y T. D. Chandra, «Matching Events in a Content-based Subscription System,» *Watson Research Center*, vol. 99, nº 5, pp. 53-61, 1999.
- [81] J. Lawry, «A methodology for computing with words,» *International Journal of Approximate Reasoning*, nº 28, pp. 51-89, 2001.
- [82] L. A. Zadeh, «Fuzzy Logic = Computing with Words,» *IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS*, vol. 4, nº 2, pp. 103-111, 1996.
- [83] C. Zhao y F. Xie, «Application of AHP and Fuzzy comprehensive evaluation method in the assessment of leaguer's core competence in Dynamic alliance in project construction,» *IEEE*, vol. 9, nº 10, 2010.
- [84] M. A. Rezvani y E. Jafarian, «Application of fuzzy fault tree analysis for evaluation of railway safety risks: an evaluation of root causes for passenger train derailment,» *IMechE*, vol. 226, pp. 11-25, 2011.
- [85] J. Galindo, A. Urrutia y M. Piatinni, *Fuzzy Databases: Modeling, Design and Implementation*, Londres: IDEA GROUP PUBLISHING, 2006.
- [86] C. González Morcillo, *Lógica Difusa, Una introducción Práctica - Técnicas de Soft Computing*, La Mancha: Universidad de Castilla.
- [87] F. Herrera, E. V. Herrera y L. Martínez, «A Fuzzy Linguistic Methodology to Deal With Unbalanced Linguistic Term Sets,» *IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS*, vol. 16, nº 2, pp. 354-370, 2008.
- [88] Gobierno de los Estados Unidos, «PISA, PIRS, TIMSS,» [En línea]. Available: <http://nces.ed.gov/surveys/international/ide/>. [Último acceso: 23 Octubre 2015].
- [89] OCDE, «Instituto Nacional para la evaluación de la Educación,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.inee.edu.mx/index.php/bases-de-datos/base-de-datos-serce>. [Último acceso: 30 Octubre 2015].

- [90] OCDE, «Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.inee.edu.mx/index.php/bases-de-datos/bases-de-datos-pisa/base-de-datos-pisa-2012>. [Último acceso: 28 Octubre 2015].
- [91] ICFES, «BASE DE DATOS ICFES HISTÓRICO,» [En línea]. Available: <http://64.76.89.156/investigacion/index.php/bdicfes/solicitudregistro>.
- [92] K. Jaeseok, M. Swarup y K. Raghu, «An overview of membership function generation techniques for pattern recognition,» *International Journal of Approximate Reasoning*, nº 19, pp. 391-417, 1998.
- [93] N. P. R y J. C. Bezdek, «On Cluster Validity for the Fuzzy c-Means Model,» *IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS*, vol. 3, nº 3, pp. 370-379, 1995.
- [94] A. Flores Sintas, J. M. Cadenas y F. Martin, «Membership functions in the fuzzy C-means algorithm,» *Fuzzy Sets and Systems*, nº 101, pp. 49-58, 1999.
- [95] J. E. Chen y K. N. Otto, «Constructing membership functions using interpolation and measurement theory,» *Fuzzy Sets and Systems*, nº 73, pp. 313-327, 1995.
- [96] H. Narazaki y A. L. Ralescu, «Iterative induction of a category membership function,» *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, vol. 2, nº 1, pp. 91-100, 1994.
- [97] T.-p. Hong y C.-Y. Lee, «Learning Fuzzy Knowledge from Training Examples,» *CIKM*, pp. 161-166, 1998.
- [98] P. Y. Piñero, L. Arco, M. M. García y L. Acevedo, «Algoritmos genéticos en la construcción de funciones de pertenencia borrosas,» *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, nº 18, pp. 25-35, 2003.
- [99] M. Izquierdo Alonso y A. Iborra Cuéllar, «Aprendiendo con la evaluación grupal: Una propuesta sistémica de evaluación para procesos colaborativos de enseñanza-aprendizaje,» *Innovar en la enseñanza universitaria*, pp. 193-211, 2010.
- [100] A. K. Jain, M. N. Murty y P. J. Flynn, «Data Clustering: A Review,» *ACM Computing Survey*, vol. 31, nº 3, pp. 264-323, 1999.
- [101] L. Parsons, E. Haque y H. Liu, «Subspace Clustering for High Dimensional Data: A Review,» *Sigkdd Explorations*, vol. 6, nº 1, pp. 90-105, 2004.
- [102] P. Ladevèze, O. Loiseau y D. Dureisseix, «A micro-macro and parallel computational strategy for highly heterogeneous structures,» *INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL METHODS IN ENGINEERING*, vol. 52, p. 121-138, 2001.
- [103] D. S. STEPHENSON y G. BINSCH, «Automated Analysis of High-Resolution NMR Spectra. I. Principles and Computational Strategy,» *JOURNAL OF MAGNETIC RESONANCE*, vol. 37, pp. 395-407, 1980.
- [104] R. J. Hathaway, J. C. Bezdek y Y. Hu, «Generalized Fuzzy c-Means Clustering Strategies Using Lp Norm Distances,» *IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS*, vol. 8, nº 5, pp. 576-582, 2000.
- [105] R. L. CANNON, J. V. DAVE y J. C. BEZDEK, «Efficient Implementation of the Fuzzy c-Means Clustering Algorithms,» *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE*, vol. 8, nº 2, pp. 248-255, 1986.
- [106] W. Pedrycz, «Conditional Fuzzy C-Means,» *Pattern Recognition Letters*, vol. 17, pp. 625-631, 1996.

- [107] Y. Zhai y B. Liu, «Structured Data Extraction from the Web Based on Partial Tree Alignment,» *IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING*, vol. 18, nº 12, pp. 1614-1628, 2006.
- [108] U. Hanani, B. Shapira y P. Shoval, «Information filtering: overview of issues, research and systems,» *User modeling and user-adapted interaction*, vol. 11, pp. 203-259, 2001.
- [109] U. Wahli, L. Ackkerman, A. Di Bari, G. Hodgkinson, A. Kesterton, L. Olson y B. Portier, Building SOA solutions using the rational SDP, IBM, 2007.
- [110] J. C. Corrales, *Service Oriented Architecture*, Popayán: Presentaciones de clase, Arquitectura Orientada a Servicios, 2015.
- [111] H. Ishibuchi, T. Nakashima, S. Member y T. Murata, «Performance Evaluation of Fuzzy Classifier Systems for Multidimensional Pattern Classification Problems,» *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS*, vol. 9, nº 5, pp. 601-618, 1999.
- [112] H. Nyquist, «The optimal Lp norm estimator in linear regression models,» *Communications in Statistics - Theory and Methods*, vol. 12, nº 21, pp. 2511-2524, 2010.
- [113] A. H. Money, J. F. Affleck-Graves, M. L. Hart y G. D. Barr, «The linear regression model: Lp norm estimation and the choice of p,» *Communications in Statistics - Simulation and Computation*, vol. 11, nº 1, pp. 89-109, 2007.
- [114] X. Li, Y. Pang y Y. Yuan, «L1-Norm-Based 2DPCA,» *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS*, vol. 40, nº 4, pp. 1170-1175, 2009.
- [115] R. Biswas, «An application of fuzzy sets in student's evaluation,» *Fuzzy sets and systems*, nº 74, pp. 187-194, 1995.
- [116] A. Golec y E. Kahya, «A fuzzy model for competency-based employee evaluation and selection,» *Computers & Industrial Engineering*, nº 52, p. 143-161, 2007.
- [117] G. Pépiot, N. Cheikhrouhou, J. M. Fürbringer y R. Glardon, «A fuzzy approach for the evaluation of competences,» *Int. J. Production Economics*, nº 112, p. 336 - 353, 2008.
- [118] W. P. Wang, «A fuzzy linguistics computing approach to supplier evaluation,» *Applied mathematical modeling*, nº 34, pp. 3130-3141, 2010.
- [119] I. Aguerrondo, «Conocimiento complejo y competencias educativas,» *IBE/UNESCO Working Papers on Curriculum*, nº 8, 2009.
- [120] Ministerio de educación nacional, «Qué son las competencias,» Colombia aprende, [En línea]. Available: <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/competencias/1746/w3-propertyvalue-44921.html>. [Último acceso: 13 12 2014].
- [121] A. Fernandez March, «Metodologías activas para la formación de competencias,» *Educatio siglo XXI*, nº 24, pp. 35 - 56, 2006.
- [122] K. M. Motahar Hossain, Z. Raihan y M. A. Hashem, «On Appropriate Selection of Fuzzy Aggregation Operators in Medical Decision Support System,» *Department of Computer Science and Engineering - Khulna University of Engineering & Technology*, pp. 1-6.

- [123] ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE), «El programa PISA de la OCDE, Qué es y para qué sirve,» OCDE, París.
- [124] J. Seseña Osorio, «Educación Basada en Competencias (EBC) en el Sistema de Educación Superior Tecnológica: avances y lagunas,» Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Teziutlán.
- [125] S. Massanet, J. V. Riera, J. Torres y E. Herrera-Viedma, «A new linguistic computational model based on discrete fuzzy nubers for computing with words,» *Information Sciences*, nº 258, pp. 277-290, 2014.
- [126] J. C. Bezdek, R. Ehrlich y W. Full, «FCM: The Fuzzy C-Means clustering algorithm,» *Computers & Geosciences*, vol. 10, nº 2-3, pp. 191-203, 1984.
- [127] M. R. Civanclar y H. J. Trussell, «Constructing membership functions using statistical data,» *Fuzzy Sets and Systems*, nº 18, pp. 1-13, 1986.