



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INGENIERÍA EN SOFTWARE

TEMA:

“DESARROLLO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA LA CREACIÓN DE RECETAS GASTRONÓMICAS QUE PERMITA DAR APOYO A LA NUTRICIÓN DE LOS INFANTES DEL ‘HOGAR PARA SUS NIÑOS’ DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”

**AUTORES: MONAR CARRILLO, JOHANNA ELIZABETH
NARANJO COELLO, JIMMY ANDRES**

DIRECTOR: ING. CARRILLO MEDINA, JOSÉ LUIS

LATACUNGA, 2019



Resumen

- Consiste en desarrollar un sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permitan dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga.
- Se desarrolló un sistema neural-difuso que realiza reemplazos de ingredientes en recetas mediante el sistema difuso y predice el grado de aprobación de esta basándose en, el tipo y sabor de sus ingredientes mediante la red neuronal.
- La construcción del sistema neural-difuso fue guiada por la metodología MAS-CommonKADS



Antecedentes

- El suministro suficiente de nutrientes, desde las primeras etapas de la vida, es decisivo para un buen desarrollo físico y mental para gozar de buena salud.
- El “Hogar Para Sus Niños” (HPSN) sede Latacunga es una organización no-gubernamental, sin fines de lucro, acoge a niños en situación de riesgo debido a la situación de maltrato y abandono en la que los niños son acogidos, la mayoría de veces ingresan con problemas de desnutrición y en los mejores casos con malnutrición; por tanto, el apoyo alimenticio es parte fundamental en la fundación.



Planteamiento y Formulación del problema

- La nutrición tiene un efecto importante en la salud del infante, así como en su habilidad para aprender, comunicarse, pensar analíticamente, socializar efectivamente y adaptarse a nuevos ambientes y personas.
- Combatir todas las formas de malnutrición es uno de los mayores problemas sanitarios a escala mundial, estando entre estas combatir la desnutrición.



Planteamiento y Formulación del problema

A nivel mundial en 2016 se calcula, que:

- 52 millones de niños menores de 5 años presentan emaciación (un peso insuficiente respecto de la talla)
- 17 millones padecen emaciación grave
- 155 millones sufren retraso del crecimiento
- 41 millones tienen sobrepeso o son obesos



Alrededor del 45% de las muertes de menores de 5 años tienen que ver con la desnutrición.



Planteamiento y Formulación del problema

Respecto al apoyo en alimentación diaria que la organización “Hogar Para Sus Niños” brinda:

- Maneja una despensa con alimentos mayoritariamente donados
- El personal encargado tanto de la despensa, como de la cocina no poseen conocimientos extensos referentes a nutrición
- Se maneja una planificación de alimentación mensual que se ha mantenido sin modificaciones por aproximadamente 2 años



Planteamiento y Formulación del problema

A pesar de los avances y la masificación tecnológica el “Hogar Para Sus Niños” carece de algún sistema de apoyo donde se gestione información referente a recetas gastronómicas con un adecuado equilibrio nutricional según los alimentos que posee.

El desarrollo de un sistema inteligente, tiende a facilitar la tarea de alimentar infantes utilizando herramientas tecnológicas que proporcionan ventajas al tener la capacidad de crear recetas con instantáneo y fácil acceso.



Objetivos

General

- Desarrollar un sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas que permitan dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga.

Específicos

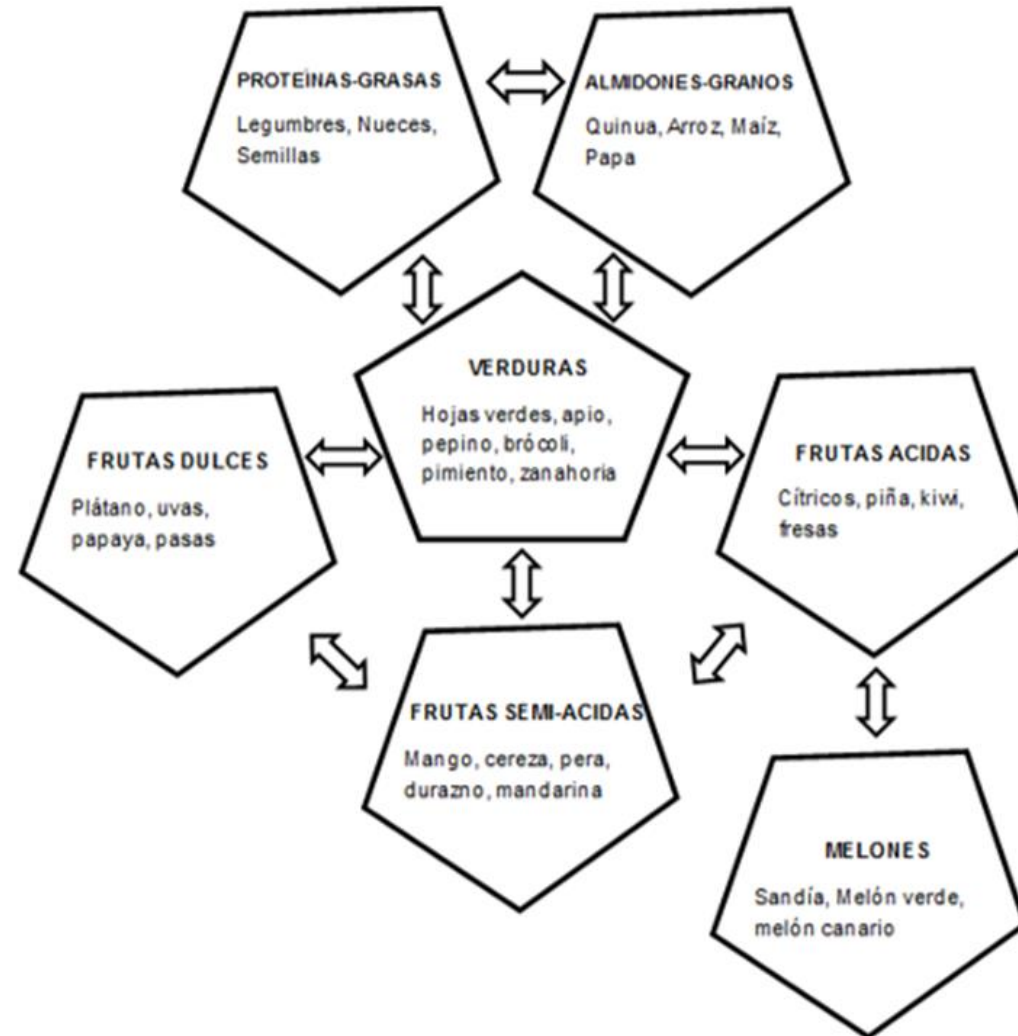
- Determinar el marco teórico.
- Elaborar un sistema inteligente
- Aplicar la propuesta en el “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga
- Validar los resultados obtenidos de la aplicación del sistema inteligente.

Alimentación

- Son necesarios seis nutrientes esenciales, tres de ellos se llaman macronutrientes (carbohidratos, proteínas, grasas), dos son micronutrientes (vitaminas, minerales) y el restante es el agua, disponibles en los distintos grupos de alimentos.
- En diferentes tiempos de comida: desayuno, almuerzo, merienda y dos refrigerios.



- Combinación de alimentos por tipo



Sistemas inteligentes

- Son sistemas que presentan, como principal característica, su capacidad de adaptación a condiciones variables de su entorno, en pos del cumplimiento de sus objetivos.
- Para ello debe poseer tres capacidades básicas:
 - (1) Razonar
 - (2) Aprender
 - (3) Interactuar



Ramas de la Inteligencia Artificial en sistemas inteligentes

- La robótica
- El procesamiento del lenguaje natural
- Reconocimiento del habla
- Algoritmos genéticos
- La lógica difusa
- Las redes neuronales
- Los sistemas neural-difusos



Lógica Difusa

- Proporciona una manera simple de obtener una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o incompleta.
- Básicamente, cualquier problema del mundo puede resolverse como, dado un conjunto de variables de entrada (espacio de entrada), obtener un valor adecuado de variables de salida (espacio de salida).



Lógica Difusa

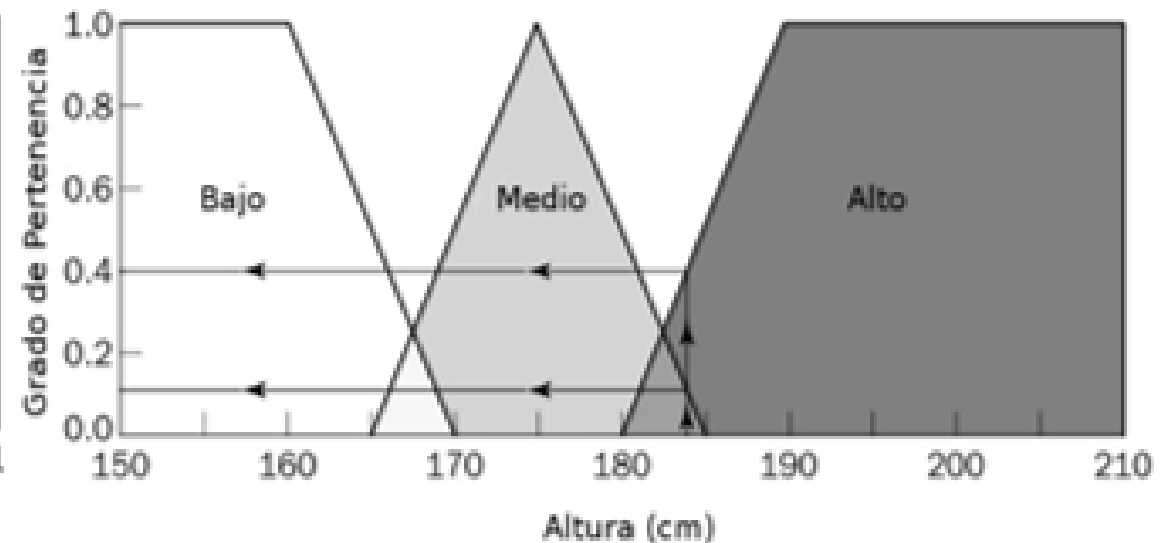
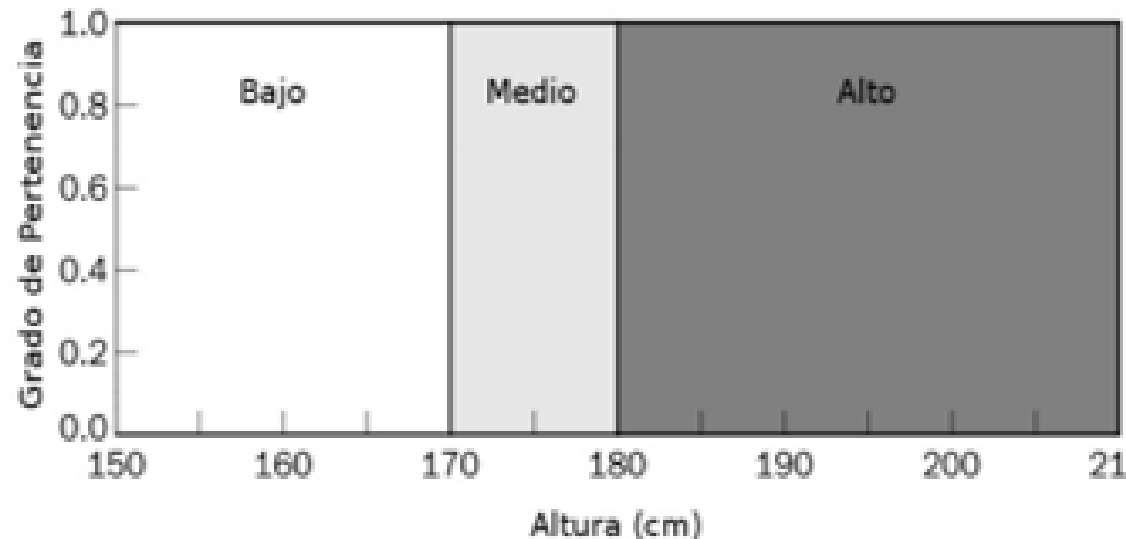
A partir del concepto principal de lógica difusa se determinan los elementos necesarios para formar un sistema difuso, los cuales son:

- Conjuntos difusos que determinan el grado de pertinencia de cada variable difusa (ej. mucho, poco, normal),
- Reglas difusas que determinan las relaciones que se dan entre los conjuntos difusos
- Inferencia difusa es el proceso por el que se determina el valor de salida.



Conjuntos difusos

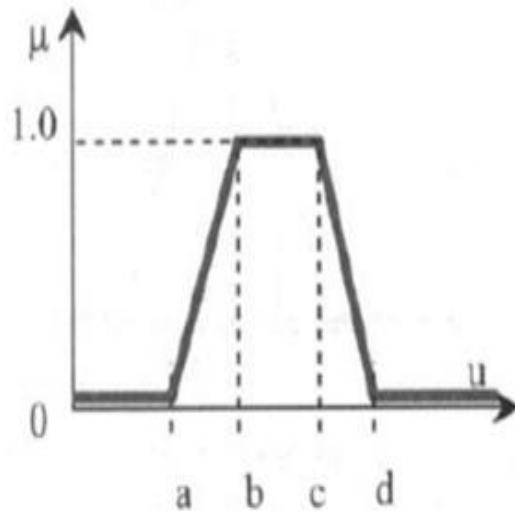
Ejemplo de representación de conjuntos clásicos (izquierda) a conjuntos difusos (derecha)



Representación de conjuntos difusos

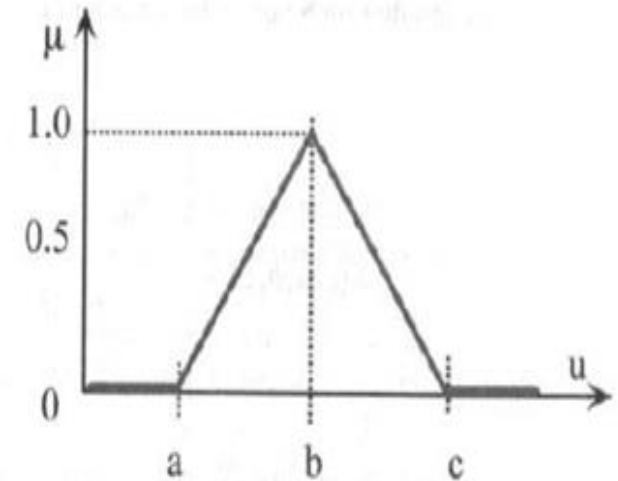
- **Función trapezoidal**

$$S(u; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ 1 & b \leq u \leq c \\ \frac{d-u}{d-c} & c \leq u \leq d \\ 0 & u > d \end{cases}$$



- **Función Triangular**

$$T(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ \frac{c-u}{c-b} & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases}$$



Reglas Difusas

- Las reglas difusas combinan uno o más conjuntos difusos de entrada llamados antecedentes o premisas, se les asocian un conjunto difuso de salida, llamado consecuente o consecuencia.
- Los antecedentes se asocian por conjuntivas lógicas “y”, “o”. Un ejemplo de tipo IF-THEN seria “Si error es positivo_pequeño y derivada_de_error es negativo_pequeño Entonces acción es positiva_pequeña”.



Inferencia Difusa

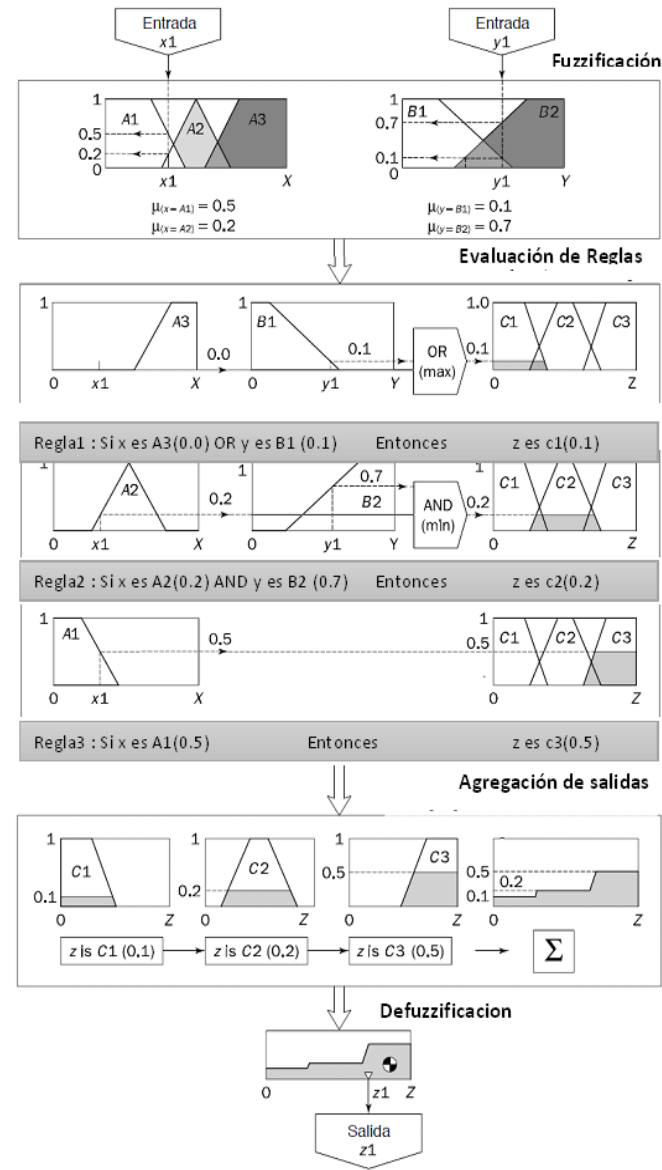
Proceso de obtener un valor de salida para un valor de entrada empleando la teoría de conjuntos difusos.

Inferencia de Mamdani

Toma como entrada los valores de la fuzzificación y se aplican a los antecedentes de las reglas difusas. Si una regla tiene múltiples antecedentes, se utiliza el operador AND u OR para obtener un único número que represente el resultado de la evaluación. Este número (el valor de verdad) se aplic. al consecuente



Estructura básica de inferencia de Mamdani



Redes Neuronales Artificiales

- Es un sistema de computación compuesto por un gran número de elementos simples llamados unidades neuronales simples (neuronas artificiales), elementos de procesos muy interconectados
- El objetivo de la red neuronal es resolver los problemas de la misma manera que el cerebro humano, aunque las redes neuronales son más abstractas.

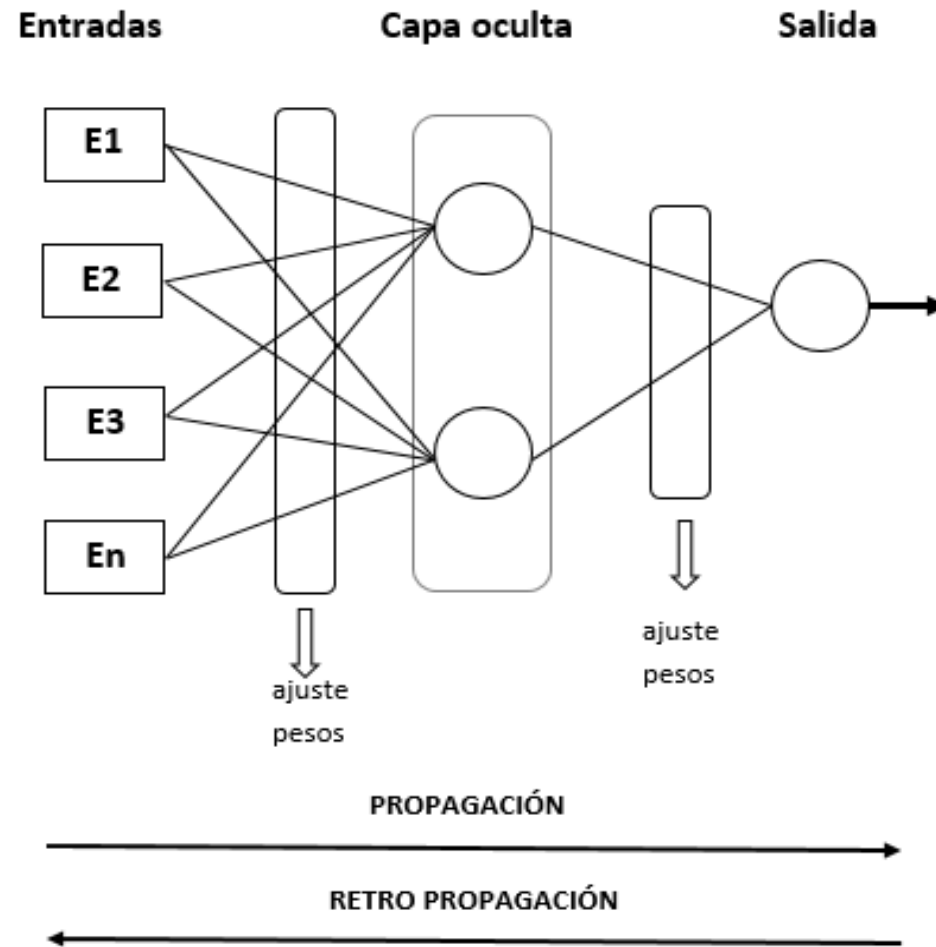


Redes Neuronales Artificiales

- Las redes perceptron son las más simples puede resolver problemas linealmente separables.
- Las redes multicapa sobrepasan esta dificultad basándose en el algoritmo de propagación inversa para redes multicapa.



Redes neuronales multicapa (backpropagation)



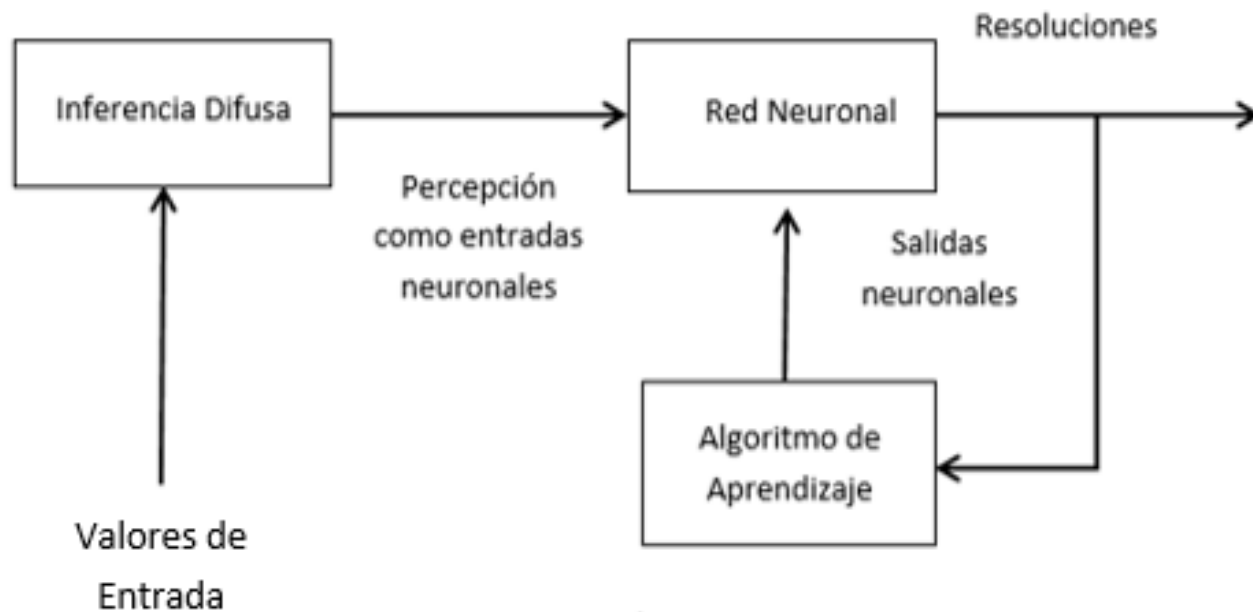
Número de neuronas en la capa oculta

- Del número de neuronas en la capa oculta, dependerá la **precisión y la capacidad de generalización** de una red neuronal.
- No se escoge el número mayor a dos veces el número de unidades de entrada.

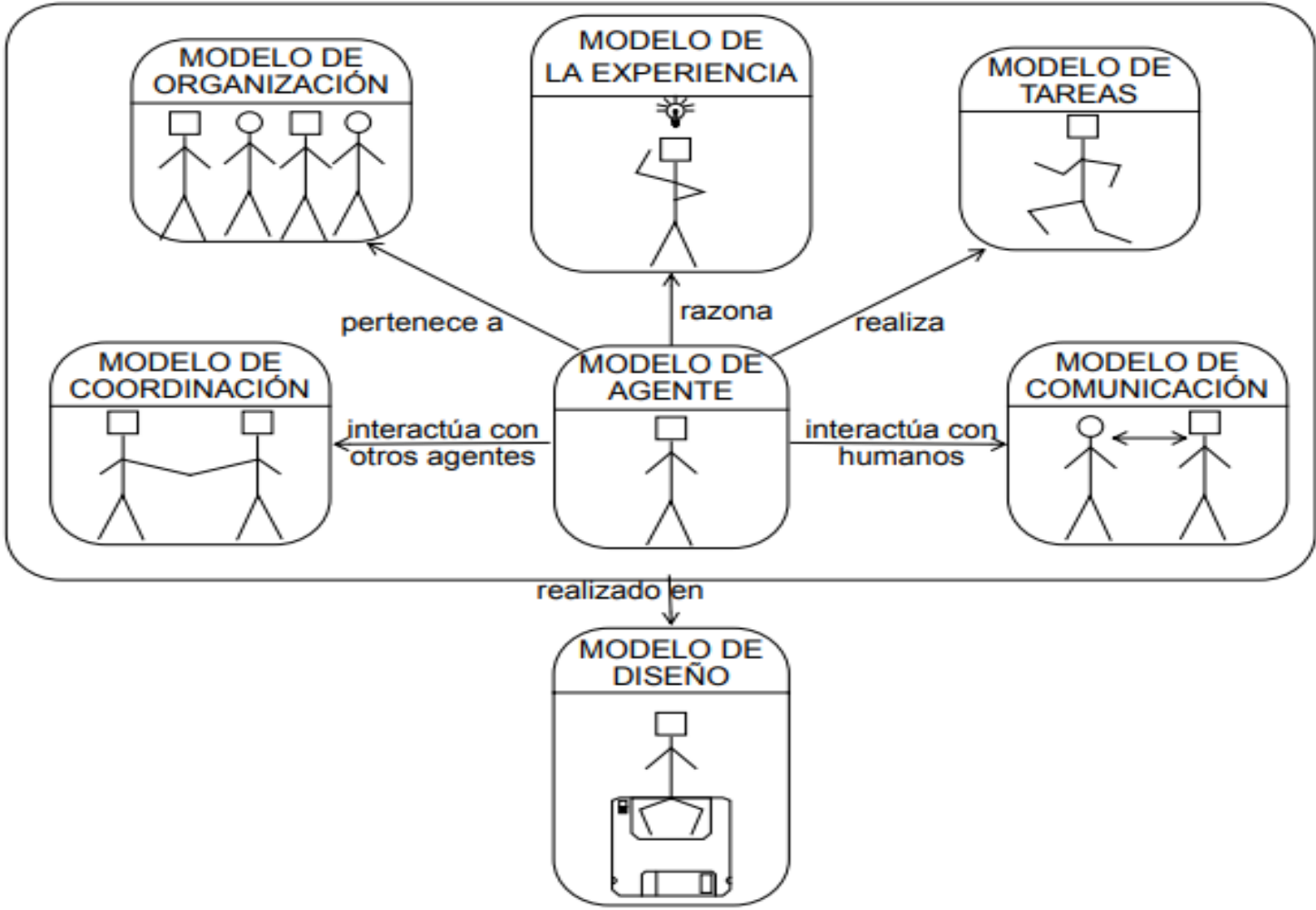


Sistemas híbridos neural-difusos (neuro-fuzzy)

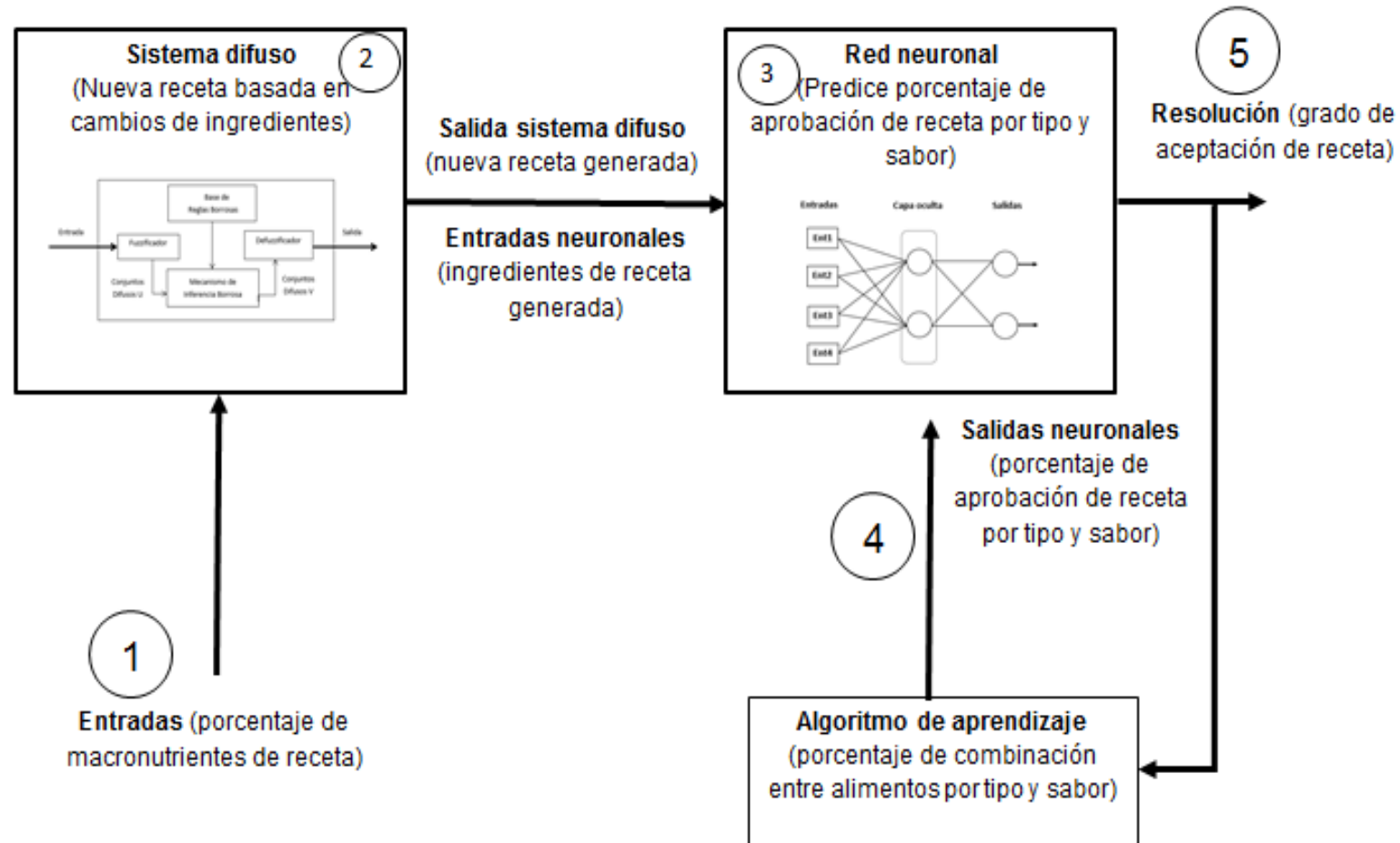
- Resulta en un sistema inteligente híbrido que combina el estilo de razonamiento humano mediante el uso de conjuntos difusos de los sistemas difusos, con el aprendizaje y la estructura por conexiones de las redes neuronales.



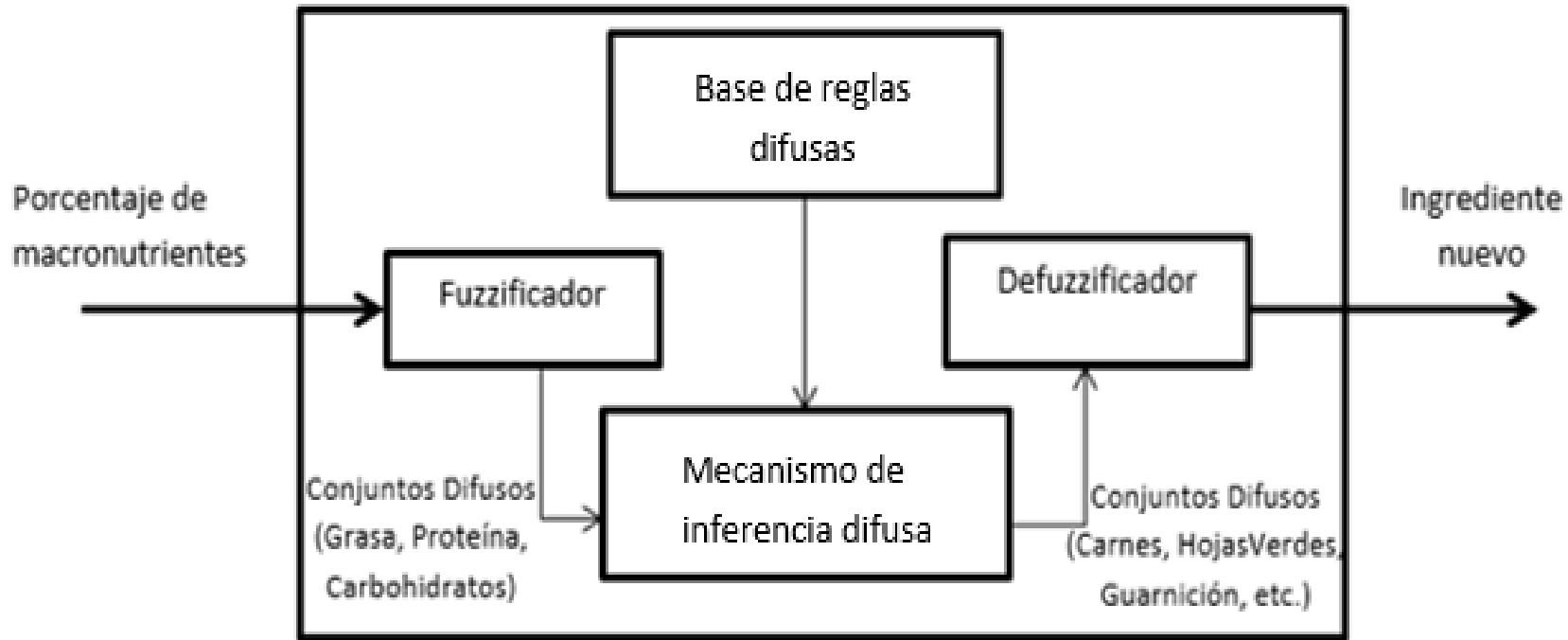
Metodología MAS-CommonKADS



Construcción del sistema neural-difuso



Construcción sistema difuso (2)



Creación de grupos de alimentos

Ejemplo de alimentos de cambio para grupo Guarnición Sopa

	Proteína	Grasa	Carbohidratos
Camote	1,37	0,14	17,72
Papa	1,71	0,1	20,01
Zanahoria blanca	0,8	0,4	26,7
Plátano verde	1,2	0,1	35,3
Yuca	1,36	0,28	38,06

Rangos para la asignación de un nuevo alimento grupo Guarnición Sopa

Alimentos Salida	Rango
Camote	$\text{valor salida} \leq 19$
Papa	$19 < \text{valor salida} \leq 22.5$
Zanahoria blanca	$22.5 < \text{valor salida} \leq 26$
Plátano verde	$26 < \text{valor salida} \leq 29.5$
Yuca	$\text{valor salida} > 29.5$

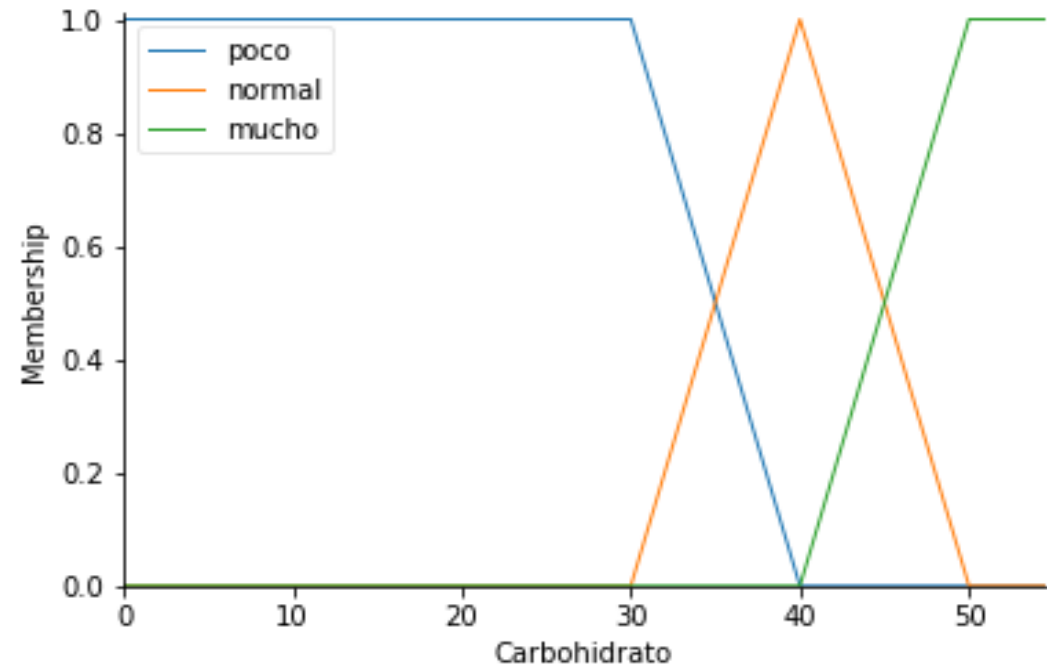


Creación de las funciones de membresía

$$\text{Carbohidrato}_{\text{poco}} = \begin{cases} 1 & \text{valor} < 0 \\ 1 & \text{valor} \leq 30 \\ \frac{40 - \text{valor}}{10} & 30 \leq \text{valor} \leq 40 \\ 0 & \text{valor} > 40 \end{cases}$$

$$\text{Carbohidrato}_{\text{mucho}} = \begin{cases} 0 & \text{valor} < 40 \\ \frac{\text{valor} - 40}{10} & 40 \leq \text{valor} \leq 50 \\ 1 & 50 \leq \text{valor} \\ 1 & \text{valor} > 50 \end{cases}$$

$$\text{Carbohidrato}_{\text{normal}} = \begin{cases} 0 & \text{valor} < 30 \\ \frac{\text{valor} - 30}{10} & 30 \leq \text{valor} \leq 40 \\ \frac{50 - \text{valor}}{10} & 40 \leq \text{valor} \leq 50 \\ 0 & \text{valor} > 50 \end{cases}$$



Creación de reglas difusas

Carbohidrato_{mucho}, donde carbohidrato es el conjunto difuso general y mucho es la etiqueta de una función de membresía.
Para el sistema difuso del grupo Guarnición Sopa se definieron las siguientes reglas difusas:

- *Regla₁ = si Carbohidrato_{mucho} y Proteina_{mucho} entonces GuarniciónSopa_{poco}*
- *Regla₂ = si Carbohidrato_{normal} o Proteina_{normal} entonces GuarnicionSopa_{normal}*
- *Regla₃ = si Carbohidrato_{poco} y Proteina_{mucho} entonces GuarnicionSopa_{normal}*
- *Regla₄ = si Carbohidrato_{poco} y Proteina_{poco} entonces GuarnicionSopa_{mucho}*
- *Regla₅ = si Carbohidrato_{mucho} y Proteina_{poco} entonces GuarnicionSopa_{mucho}*



Construcción de red neuronal (3)

- Necesita una base de conocimiento (dataset) para ser entrenada

Creación del dataset de entrenamiento de la red neuronal

Valores de grupos de alimentos por tipo

Grupo	Valor
Verduras	1
Frutas semi-acidas	2
Frutas dulces	3
Proteínas-Grasas	4
Almidones-Granos	5
Frutas ácidas	6
Melones	7



Creación del dataset de entrenamiento de la red neuronal

Porcentaje de combinación por tipo de alimento

Tipos	Porcentaje
Tipos que entre si multipliquen 2, 3, 4, 5, 6, 12, 20, 42 Ejemplo: (grupo 6* grupo 7=42)	80%
Tipos que entre si multipliquen 40	50%
Alimentos del mismo tipo 4 y 5	25%
Alimentos del mismo tipo diferentes a tipo 4 y 5	60 %

Ejemplo de alimentos por tipo e identificador numérico

NOMBRE	TIPO	NOMBRE#
ACHOGCHA	VERDURA	1039
ALBAHACA	VERDURA	1040
BERENJENA	VERDURA	1041
BERRO	VERDURA	1042
ROMERO	VERDURA	1043
DURAZNO	FRUTASEMIACIDA	2001
MANZANA	FRUTASEMIACIDA	2002
MARACUYÁ	FRUTASEMIACIDA	2003
PERA	FRUTASEMIACIDA	2004
TOMATEÁRBOL	FRUTASEMIACIDA	2005



Creación del dataset de entrenamiento de la red neuronal

- Por ejemplo, de la receta 1 sopa de quinua se extraen los siguientes ingredientes: ['carnecerdo', 'cebollablanca', 'cilantro', 'colblanca', 'leche', 'mantequilla', 'papa', 'queso', 'quinua']

Ejemplo de combinaciones entre alimentos por receta

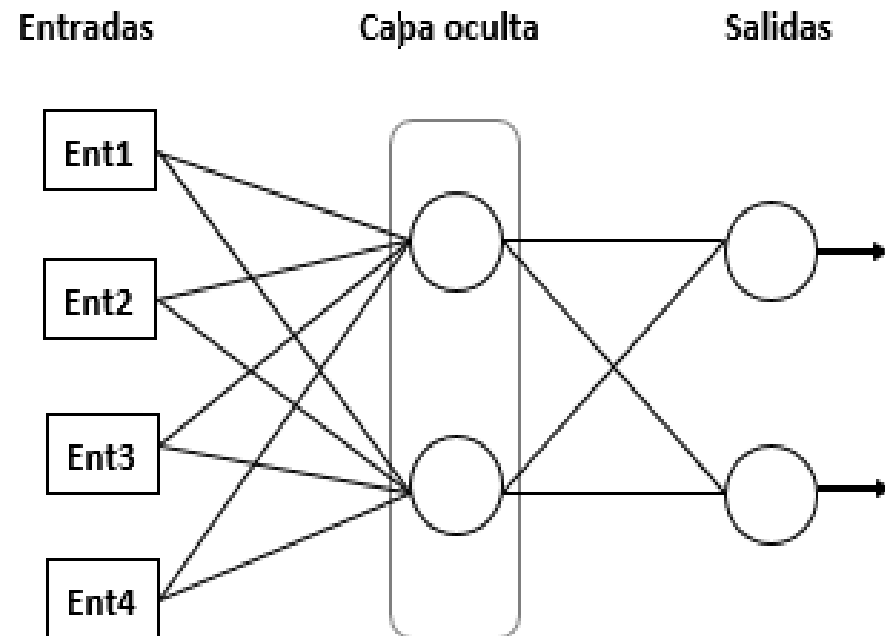
NOM1	NOM2	A1	A2	TIPO1	TIPO2	COMTIPO	COMRECETA
CARNECERDO	PAPA	4014	5015	4	5	80	80
CARNECERDO	QUINUA	4014	5005	4	5	80	80
CEBOLLABLANCA	CARNECERDO	1004	4014	1	4	80	80
CEBOLLABLANCA	CILANTRO	1004	1023	1	1	25	80
CEBOLLABLANCA	COLBLANCA	1004	1008	1	1	25	80
CEBOLLABLANCA	LECHE	1004	4011	1	4	80	80
CEBOLLABLANCA	PAPA	1004	5015	1	5	80	80
CEBOLLABLANCA	QUESO	1004	4012	1	4	80	80
CEBOLLABLANCA	QUINUA	1004	5005	1	5	80	80
CILANTRO	CARNECERDO	1023	4014	1	4	80	80
CILANTRO	LECHE	1023	4011	1	4	80	80
CILANTRO	PAPA	1023	5015	1	5	80	80
CILANTRO	QUESO	1023	4012	1	4	80	80
CILANTRO	QUINUA	1023	5005	1	5	80	80
COLBLANCA	CARNECERDO	1008	4014	1	4	80	80
COLBLANCA	CILANTRO	1008	1023	1	1	25	80
COLBLANCA	LECHE	1008	4011	1	4	80	80
COLBLANCA	PAPA	1008	5015	1	5	80	80
COLBLANCA	QUESO	1008	4012	1	4	80	80
COLBLANCA	QUINUA	1008	5005	1	5	80	80
LECHE	CARNECERDO	4011	4014	4	4	25	80
LECHE	PAPA	4011	5015	4	5	80	80
LECHE	QUESO	4011	4012	4	4	25	80
LECHE	QUINUA	4011	5005	4	5	80	80
QUESO	CARNECERDO	4012	4014	4	4	25	80

En conclusión, de 100 recetas base se extrajo un listado de 128 alimentos que generaron 1075 combinaciones que formarán el dataset de entrenamiento.



Estructura de la red neuronal

- La red neuronal que consta de cuatro entradas (alimento 1, alimento 2, tipo de alimento 1, tipo de alimento 2) y dos salidas (combinación por tipo, combinación por sabor)



Pruebas

- El total de recetas generadas en las pruebas realizadas fueron 30, de las cuales 11 son del tipo sopa, 17 del tipo fuerte y 2 de tipo postre, 26 fueron aprobadas, solo 4 de las recetas no fueron aprobadas debido a cambios que generaban recetas con varios alimentos del mismo tipo.
- Todas las recetas generadas ya sea aprobadas o no por los expertos sirvieron como entrenamiento para la red neuronal y para expandir la base de datos de recetas del sistema.



Conclusiones

- El desarrollo del sistema inteligente para la creación de recetas gastronómicas permitió dar apoyo a la nutrición de los infantes del “Hogar Para Sus Niños” de la ciudad de Latacunga, mediante la educación de conocimientos de los expertos plasmados en reglas difusas y en datos de entrenamiento para la red neuronal, logrando un 87% de recetas aprobadas por los expertos, que además las describen como equilibradas, diferentes y fáciles de preparar aprovechando de mejor manera los alimentos que se disponen en una despensa ecuatoriana. El 13% de las recetas no fueron aprobadas debido a cambios que generaban recetas con varios alimentos del mismo tipo.



Conclusiones

- Se puede indicar, que para el desarrollo de nuestra tesis se analizaron muchas otras temáticas relacionadas con la inteligencia artificial, que no se imparten en las asignaturas relacionadas a la carrera, como son: las metodologías de ingeniería de conocimiento y sus extensiones, que están relacionadas con el proceso de desarrollo de sistemas inteligentes (utilizadas en el proceso de análisis y diseño), más aún si estas metodologías se aplican a sistemas difusos y redes neuronales, como por ejemplo la aplicabilidad de la metodología MAS-CommonKADS. También, se han acoplado las pruebas unitarias y de integración del sistema, comparando y analizando los resultados obtenidos con los expertos, lo que permitió determinar un plan de pruebas para un sistema inteligente.



Recomendaciones

- Para el desarrollo de un sistema inteligente relacionado con la alimentación, se recomienda tener el apoyo de expertos en el área como los son los nutricionistas y gastrónomos, puesto que estos proporcionarán el conocimiento necesario y verificado, basándose en las recomendaciones del MSP (Ministerio de Salud Pública) y de las organizaciones internacionales como la FAO (Organización de las Naciones unidas para la alimentación y la agricultura) y la OMS (Organización mundial de la salud), con la adquisición de ese conjunto de conocimientos es posible obtener un sistema de calidad.



Recomendaciones

- Al momento de realizar las pruebas del sistema es importante contar además del usuario final, con varios expertos que verifiquen que el conocimiento plasmado en el sistema inteligente sea igual o lo más cercano posible al del experto humano, de tal manera obtener un sistema validado y confiable para los usuarios y expertos.

