

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



TESIS DE GRADO

**“SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE BULIMIA
BASADO EN LÓGICA DIFUSA”**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCION: INGENIERIA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS**

**POSTULANTE: UNIV. MAURA HUANCA MAMANI
TUTOR METODOLOGICO: LIC. JAVIER HUGO REYES PACHECO
ASESOR: Ph.D. YOHONI CUENCA SARZURI**

**LA PAZ – BOLIVIA
2017**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

Primeramente dedico la tesis de investigación a nuestro creador, por la fuerza y el coraje, por este sueño anhelado hecho realidad.

A mis padres que siempre me estuvieron apoyando constantemente y hermanos que siempre me dieron su apoyo y su confianza en las buenas y malas.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por darme la vida, la fuerza, por guiarme, por hacer mi sueño realidad y sobre todo por estar siempre a mi lado.

A mi tutor metodológico Lic. Javier Reyes Pacheco por la enseñanza, por sus aportes, sugerencias y observaciones, tiempo para las revisiones y sobre todo su paciencia.

A mi asesor Ph.D. Yohoni Cuenca Sarzuri por tiempo brindado a la tesis por las revisiones, observaciones y sugerencias.

A Lic. Albertina Alvarez Paz por la información que se me proporciono sobre trastornos de la conducta alimentaria.

De manera general a los docentes de la carrera de Informática, por ayudar en mi formación profesional, a mis compañeros y amigos que compartieron mi vida universitaria en todos estos años.

RESUMEN

Los trastornos de la alimentación constituyen uno de los problemas de salud de más rápido crecimiento en la población joven en el mundo, ya que salud y bienestar psicológico constituyen una parte esencial de la capacidad de las personas de llevar una vida satisfactoria, toda alteración del bienestar alimentaria de las personas puede afectar negativamente esas capacidades y elecciones y llevar no solo a una disminución del funcionamiento a nivel individual sino también a pérdidas mayores, tanto nivel familiar como social. Los riesgos a los que está sometido el enfermo durante las distintas etapas de la enfermedad pueden llevar a la muerte.

Los trastornos de alimentación, como la bulimia nerviosa, son un problema creciente en las sociedades como también en Bolivia ya que es un tema preocupante. La bulimia no es una manía -ni un mal comportamiento: es una enfermedad psiquiátrica.

La Inteligencia Artificial caracterizada no solo por su arquitectura sino también por sus capacidades, el énfasis de generaciones anteriores parecía imposibles, intratables y difíciles de formular utilizando computadoras. Hoy en día, el campo de la inteligencia artificial engloba varias áreas tales como los sistemas expertos, el reconocimiento de la voz y de patrones, el procesamiento del lenguaje natural, la robótica, las redes neuronales, etc.

Los sistemas expertos son una de las áreas de investigación en el campo de la inteligencia artificial, es cual intenta emular la pericia del experto humano mediante la paliación específica del conocimiento e inferencia

El tema propuesto es el desarrollo de un “Sistema Experto para el diagnóstico de bulimia”. Utilizando lógica difusa debido al grado de incertidumbre que existe a realizar las preguntas al paciente. Se elige este tema debido a que muchas personas prefieren callarse y no realizarse el tratamiento correspondiente de manera rápida. Las consecuencias de la bulimia pueden llegar a ser mortales sin no se trata a tiempo

SUMMARY

Eating disorders are one of the fastest growing health problems among young people in the world, as health and psychological well-being are an essential part of people's ability to lead a satisfying life, any alteration of well-being can negatively affect those capacities and choices and lead not only to a decrease in the functioning at the individual level but also to greater losses, both family and social level. The risks to the patient during the different stages of the disease can lead to death.

Eating disorders, such as bulimia nervosa, are a growing problem in societies as well as in Bolivia as it is a worrying issue. Bulimia is not a mania - nor a bad behavior: it is a psychiatric illness.

Artificial Intelligence characterized not only by its architecture but also by its capabilities, the emphasis of previous generations seemed impossible, intractable and difficult to formulate using computers. Nowadays, the field of artificial intelligence encompasses several areas such as expert systems, voice and pattern recognition, natural language processing, robotics, neural networks, and so on.

Expert systems are one of the areas of research in the field of artificial intelligence, which is to try to emulate the expertise of the human expert through the specific palliation of knowledge and inference

The proposed topic is the development of an "Expert System for the Diagnosis of Bulimia". Using fuzzy logic due to the degree of uncertainty that exists to ask the questions to the patient. This topic is chosen because many people prefer to remain silent and not perform the corresponding treatment quickly. The consequences of bulimia can become deadly without being treated in time

Contenido

CAPÍTULO I.....	1
MARCO INTRODUCTORIO	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.4. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS.....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5. HIPÓTESIS.....	6
1.6. JUSTIFICACIÓN	6
1.6.1. SOCIAL	6
1.6.2 TÉCNICA	6
1.6.3 ECONÓMICA.....	6
1.7. LIMITES Y ALCANCES	7
1.7.1. LIMITES	7
1.7.2. ALCANCES.....	7
1.8 APORTES.....	7
1.9 METODOLOGÍA	7
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	9
2.2 SISTEMAS EXPERTOS	9
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA EXPERTO.....	10
2.2.2. DIFERENCIAS DEL SISTEMA EXPERTO. Y EL EXPERTO HUMANO	11
2.2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO.....	12
2.2.4. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA EXPERTO.....	13
2.2.5. FORMAS DE REPRESENTAR EL CONOCIMIENTO.....	13
2.2.5.1 LA PSICOLOGÍA COGNITIVA.....	14
2.2.5.2 REDES SEMÁNTICAS.....	14
2.2.5.3 MARCOS O FRAMES	14

2.2.5.4. REGLAS DE PRODUCCIÓN	15
2.3 CUANDO CONSTRUIR UN SISTEMA EXPERTO	16
2.3.1 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	16
2.4. LÓGICA DIFUSA	16
2.4.1. CONJUNTOS DIFUSOS	17
2.4.1.1. TIPOS DE FUNCIONES DE PERTENENCIA	18
2.4.2. VARIABLES LINGÜÍSTICAS	20
2.4.3. IMPLICACIÓN DIFUSA	21
2.4.4. OPERACIONES ENTRE CONJUNTOS DIFUSOS.....	22
2.4.5. MODELO DIFUSO MAMDANI	22
2.4.5.1. FUZZIFICADOR	22
2.4.5.2. MECANISMO DE INFERENCIA	23
2.4.5.4. DEFUZZIFICACIÓN	24
2.5. METODOLOGÍA	25
2.5.1 METODOLOGÍA DE BUCHANAN	25
2.5.1.1 IDENTIFICACIÓN.....	25
2.5.1.2 CONCEPTUALIZACIÓN	26
2.5.1.3 FORMALIZACIÓN.....	26
2.5.1.5 TESTEO.....	26
2.5.1.6 REVISIÓN DEL PROTOTIPO	27
2.6 BULIMIA.....	27
2.6.1 DEFINICIÓN DE BULIMIA.....	27
2.6.2 TIPOS.....	28
2.6.2.1 TIPO PURGATIVO.....	29
2.6.2.2 TIPO NO PURGATIVO	29
2.6.3 SINTOMAS	29
2.6.4 CAUSAS.....	30
2.6.4.1 GENÉTICA.....	30
2.6.4.2 PSICOLÓGICAS	30
2.6.4.3 SOCIALES.....	31
2.6.5 CONSECUENCIAS.....	31
CAPITULO III.....	34

MARCO APLICATIVO	34
3.2 DESARROLLO DE LA PRIMERA ETAPA DE IDENTIFICACIÓN.....	35
3.3 DESARROLLO DE LA SEGUNDA ETAPA DE CONCEPTUALIZACIÓN	37
3.4 DESARROLLO DE LA TERCERA ETAPA DE FORMALIZACIÓN	39
3.4.2 FUZZIFICACION DE LAS VARIABLES	42
3.4.3 BASE DE REGLAS.....	49
3.4.4 MECANISMO DE INFERENCIA	50
3.2.3.6 DEFUZZIFICACION	50
3.5 DESARROLLO DE LA CUARTA ETAPA IMPLEMENTACION.....	64
3.5.1 INTERFAZ DE USUARIO	65
3.6 DESARROLLO DE LA QUINTA ETAPA DE TESTEO	68
3.7 REVISIÓN DEL PROTOTIPO	68
CAPITULO IV	69
4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	69
4.1.1 ETAPAS BÁSICAS PARA LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	69
4.1.2 CONTRASTES DE RACHAS DE WALD-WOLFOWITZ.....	69
4.1.3 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	71
CAPITULO V	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1 ESTADO DE LA HIPÓTESIS	75
5.2 CONCLUSIONES	75
5.3 RECOMENDACIONES	75
6. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	76

CAPÍTULO I

MARCO INTRODUCTORIO

1.1 INTRODUCCIÓN

Los trastornos de la alimentación constituyen uno de los problemas de salud de más rápido crecimiento en la población joven en el mundo, ya que salud y bienestar psicológico constituyen una parte esencial de la capacidad de las personas de llevar una vida satisfactoria, toda alteración del bienestar alimentaria de las personas puede afectar negativamente esas capacidades y elecciones y llevar no solo a una disminución del funcionamiento a nivel individual sino también a pérdidas mayores, tanto nivel familiar como social. Los riesgos a los que está sometido el enfermo durante las distintas etapas de la enfermedad pueden llevar a la muerte.

Los trastornos de la conducta alimentaria han llegado a ser una preocupación de salud pública en muchos países, sobre todo en ciudades clasificadas como urbanas, en las cuales los jóvenes aspiran a un modelo físico que implica un peso corporal bajo comparado con la talla del individuo. Este comportamiento se ha hecho particularmente evidente entre las mujeres (Sánchez, 2013). Los trastornos de alimentación, como la bulimia nerviosa, son un problema creciente en las sociedades como también en Bolivia ya que es un tema preocupante. La bulimia no es una manía ni un mal comportamiento: es una enfermedad psiquiátrica.

El culto a la imagen corporal y la moda de la delgadez femenina, típicas de nuestra cultura en las últimas décadas, parecen elementos determinantes en el surgimiento de estos problemas que afectan principalmente a mujeres jóvenes. No obstante, los factores que inciden en su inicio y mantenimiento son múltiples, incluyendo también aspectos biológicos, psicológicos y familiares (Sierra, 2005).

En la presente tesis se abordará el tema de Inteligencia Artificial (IA) que es una nueva generación de tecnología informática. Hoy en día, el campo de la IA engloba varias áreas tales como los sistemas expertos, el reconocimiento de la voz y de patrones, el procesamiento del lenguaje natural, la robótica,

El tema propuesto es el desarrollo de un “Sistema Experto para el diagnóstico de bulimia”. Se elige este tema debido a que muchas personas prefieren no hablar de ese problema y mucho peor no consultar con un especialista, ya sea por motivos sociales, motivos económicos o cuestiones de tiempo, sin percatarse que ello puede ser riesgoso para la salud propia, como para los familiares y para la sociedad, se busca respuestas rápidas y precisas, y que este pueda almacenar conocimientos para un campo determinado y solucionar un problema mediante deducción lógica de conclusiones. De ese modo brindar el respectivo diagnóstico de la enfermedad de la bulimia.

1.2. ANTECEDENTES

Los trastornos de la conducta alimentaria (TCA), son una de las enfermedades crónicas, más frecuentes en adolescentes y mujeres jóvenes. Enfermedades psiquiátricas, que se caracterizan por tener una alteración definida del patrón de ingesta o de la conducta sobre el control del peso, que produce un deterioro físico y psicosocial.

Se menciona algunas investigaciones realizadas en la área de la inteligencia artificial, se puede notar la aplicación de lógica difusa en distintas aéreas, en donde el conocimiento del experto especialista es de gran importancia para la búsqueda de soluciones. En la siguiente tabla 1.1 se muestra una lista de trabajos similares.

Tabla 1.1 Lista de Investigaciones

TITULO	AUTOR	AÑO	INSTITUCIÓN	¿QUE HACE?	¿COMO LO HACE?
"Sistema Experto para el diagnóstico automotriz"	José Camilo Barrientos	2007	Universidad Mayor de San Andrés	Diagnostica el sistema de frenos hidráulicos del automóvil, brinda una toma de decisiones para el mantenimiento de frenos y una posible reparación	Utiliza la lógica difusa utilizando la metodología deductiva con la observación, hipótesis, diseño de aplicación y otros

"Sistema Experto para el diagnóstico de mal de Chagas mediante lógica difusa"	Mayda Paco Quispe	2012	Universidad Mayor de San Andrés	Diagnóstico las diferentes etapas en la que se encuentra la enfermedad de mal de Chagas crónico y aguda	Utiliza la lógica difusa en los valores que son difusos.
"Sistema Experto para el diagnóstico de desnutrición en personas adultas"	María Elena Arcón Jiménez	2003	Universidad Mayor de San Andrés	Diagnóstico de desnutrición en personas adultas teniendo un diagnostico confiable para determinar un adecuado tratamiento para los pacientes	El trabajo se apoya en las metodologías para el desarrollo del sistema experto así también para la construcción de la base de conocimientos basado en reglas
"Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de"	Silvia Roxana		Universidad Mayor de San	Desarrolla un sistema experto que determina el grado de parálisis facial y el tiempo pronóstico de recuperación de	Formalizando el conocimiento del experto, utilizando lógica de predicados, construir un motor de

enfermedades neurológicas prevalentes"	Araní Fernández	2008	Andrés	un paciente en una manera fiable	inferencia
--	-----------------	------	--------	----------------------------------	------------

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas identificados sobre la bulimia son los que se muestra en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Causa - Efecto

CAUSA	EFEECTO
No existe información a la mano de enfermedades alimentarias adecuadas como la bulimia	La ignorancia sobre las causas que pueden provocar al organismo, sin percatarse que ello puede ser riesgoso para su salud.
Escases del experto humano	Aumenta el porcentaje de personas con comienzo de bulimia.
Experto no disponible en lugares lejanos .	Malestares y molestias, la situación del paciente puede agravarse por la espera.
Falta de un control médico por situaciones	Causa el crecimiento de la enfermedad,

económicas o factor de tiempo	para luego tener consecuencias mortales.
No existe diagnóstico rápido y eficaz	El paciente pierde mucho tiempo en exámenes o consulta medica
El experto humano tarda al momento de realizar la consulta pues el cuestionario es moroso.	El diagnóstico realizado es poco confiable

Según la tabla anterior en la relación causa – efecto se pudo realizar la siguiente interrogante.

¿Cómo se puede determinar la enfermedad de la bulimia en pacientes de forma que se pueda obtener un diagnóstico oportuno?

1.4. PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema experto, para el diagnóstico de bulimia en pacientes para obtener un diagnóstico oportuno.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener el conocimiento del experto humano para la elaboración del prototipo.
- Desarrollar el sistema experto mediante un modelo difuso tipo Mamdani.
- Formalizar el conocimiento del experto humano mediante reglas de producción
- Definir la base de hechos.
- Elaborar un sistema experto que podrá agilizar el diagnóstico.

1.5. HIPÓTESIS

La lógica difusa permite al sistema experto apoyar el trabajo de profesional del área en salud mental para proporcionar un diagnóstico oportuno sobre la bulimia.

1.6. JUSTIFICACIÓN

1.6.1. SOCIAL

La población Boliviana necesita de un sistema que pueda llevar a cabo el control de la salud en este caso en cuanto a la alimentación, atendiendo en particular los problemas de bulimia, el sector más vulnerable son los lugares alejados de la ciudad capital como viviendas rurales y sub urbanas carecen de servicios especializados, lo que obliga a sus habitantes no tomar importancia de los síntomas que se les presenta.

El sistema contribuirá a la población en general y a la salud pública con la disminución de personas que padezcan la bulimia, evitando de esta manera muertes. Los resultados del diagnóstico ayudaran al paciente a tener un tratamiento o control adecuado.

1.6.2 TÉCNICA

El presente trabajo hace que este sistema contribuya a la automatización de procesos que tiene por objetivo tener un buen pronóstico confiable de la etapa de la bulimia.

En cuanto a software se utiliza el lenguaje de programación swi-prolog el cual es código abierto es decir modificable y en cuanto a hardware las computadoras con sistema operativo a partir de Windows 5 para adelante.

1.6.3 ECONÓMICA

La investigación se justifica debido a la carencia de especialistas médicos, los cuales tienen la dificultad de atención preventiva de salud, en el amplio territorio boliviano. Sin embargo su costo es muy elevado por lo cual es difícil acceder a ellos.

Este sistema pretende reducir los gastos en consultas o exámenes para determinar en qué fase se encuentra el trastorno de conducta alimentaria en este caso la bulimia.

1.7. LIMITES Y ALCANCES

1.7.1. LIMITES

El presente trabajo se limita al diagnóstico de la bulimia, no ofrece posibles tratamientos el cual requiere un equipo de especialistas como ser un nutricionista, psicólogo, psiquiatra.

El sistema experto solo abarca como un aporte en el área de salud, además como un apoyo, no pretende remplazar al médico especialista de dicha enfermedad.

1.7.2. ALCANCES

El sistema experto ofrecerá un diagnóstico de manera rápida al paciente una vez que se termine de introducir sus síntomas y los datos requeridos.

1.8 APORTES

El aporte como tal es el sistema experto que ayude y alerte a la toma de medidas de control sobre la bulimia.

Incentivar la investigación de la bulimia, utilizando la lógica difusa.

Este trabajo proporciona un modelo, que ayudara al experto en el área de psiquiatría, especialista en trastornos de la conducta alimentaria para el respectivo diagnóstico de la enfermedad de la bulimia.

1.9 METODOLOGÍA

Se utilizará la metodología de investigación científica deductiva, la cual tiene las siguientes etapas como se describe de la siguiente forma.

Observación. La etapa principal es el descubrimiento del problema a resolver. Puesto que el objetivo principal de un sistema experto es responder las preguntas y resolver problemas, se realiza un relevamiento y teorización de las necesidades y falencias del desarrollo de los sistemas expertos.

Planteo de la hipótesis. Se plantea la posibilidad de construir un prototipo de sistema experto la bulimia, capaz de proporcionar un diagnóstico adecuado, de acuerdo a los síntomas presentados por el paciente.

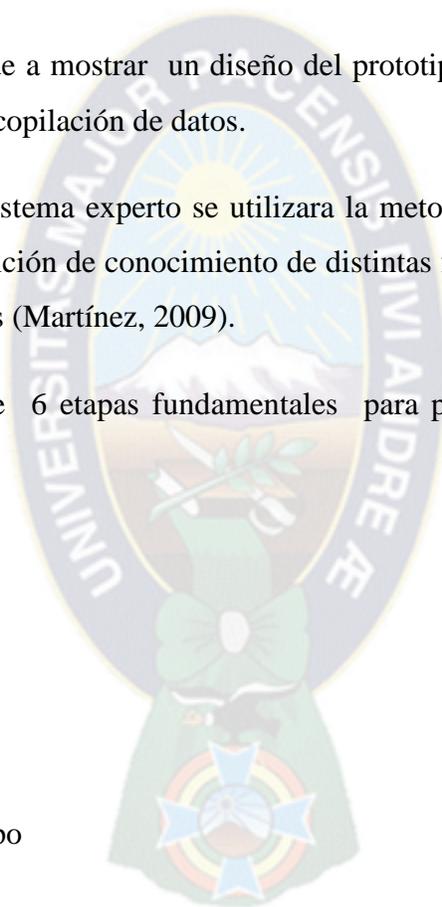
Diseño de Aplicación. Esta etapa incluye el diseño de estructuras para almacenar el conocimiento, el motor de inferencia, la cual procede al modelado y construcción de un prototipo de sistema experto que demuestre la utilidad, para el desarrollo de sistemas expertos.

Casos de prueba. Se procede a mostrar un diseño del prototipo de sistema experto mediante la aplicación de prueba y recopilación de datos.

Para la construcción del sistema experto se utilizara la metodología de Buchanan que tiene como pilar básico la adquisición de conocimiento de distintas fuentes como ser del experto en área, libros, artículos y otros (Martínez, 2009).

Esta metodología consta de 6 etapas fundamentales para producir un sistema experto las cuales son:

- Identificación
- conceptualización
- Formalización
- Implementación.
- Testeo
- Revisión del prototipo



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Hasta ahora sólo se ha comentado lo interesante que es la inteligencia artificial (IA), podríamos limitarnos a decir que tiene que ver con el diseño de programas inteligentes pero a continuación se ven algunas definiciones:

- La interesante tarea de lograr que las computadoras piensen, máquinas con mente en su amplio sentido literal.
- El estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales.
- El estudio de los cálculos que permiten percibir, razonar y actuar

El objetivo de la Inteligencia Artificial no es, la sustitución del hombre por la máquina, sino convertir una computadora en una herramienta eficaz y útil al servicio del hombre, pero con un campo de posibilidades que sobrepasan lo convencional.

La Inteligencia Artificial es la parte de la Ciencia que se ocupa del diseño de sistemas de computación inteligentes, es decir, sistemas que exhiben las características que asocia a la inteligencia en el comportamiento humano que se refiere a la comprensión del lenguaje, el aprendizaje, el razonamiento, la resolución de problemas, etc.

Un sistema inteligente es similar al ser humano que es capaz de acomodarse o ajustarse a una disposición o situación real o ficticia y poder escoger de acuerdo a una serie de particularidades para dar una respuesta rápida y lo más acertada posible (Stuard J. Rusell, 1996).

2.2 SISTEMAS EXPERTOS

Los sistemas expertos (SE) también conocidos como sistemas basados en el conocimiento son una rama de la IA que hace uso del conocimiento especializado para resolver problemas como un especialista humano. Éste es una persona que tiene experiencia desarrollada en cierta

área, este puede resolver problemas que la mayoría no podría resolver. El conocimiento de los sistemas expertos puede obtenerse por experiencia o consulta de los conocimientos que suelen estar disponibles en libros, artículos, revistas y principalmente con personas capacitadas en su área (Alejandro,2009)

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA EXPERTO

Un SE es un campo reducido del saber, su estrategia general de resolución es el motor de inferencia, el conocimiento esta en forma de unidades elementales que puedan relacionarse con otras y que le permiten conocer cuál de ellas ha actuado, cuándo y por qué esto hace que las funciones de control (motor de inferencia) los dato (base de hechos) y el conocimiento sean completamente independientes y son por naturaleza declarativos y utiliza razonamiento simbólico.

Para que un sistema actúe como un verdadero experto, se busca que tengan las siguientes características que son propias de los expertos humanos:

- Habilidad para adquirir conocimiento.
- Conseguir la supervivencia del conocimiento y que no muera con la muerte física del experto humano
- Multiplicar el número de expertos, y por lo tanto hacer más accesible el conocimiento existente
- Fiabilidad, para poder confiar en sus resultados o apreciaciones.
- Solidez en el dominio de su conocimiento.
- Capacidad para resolver problemas.
- Habilidad de reestructurar el conocimiento para que sea adaptable al ambiente
- Una de las características principales de los SE. Están basados en reglas, es decir contienen unos conocimientos predefinidos que se utilizan para la toma de dediciones.
- Dada la complejidad de los problemas que usualmente tiene que resolver un SE, puede existir cierta duda en el usuario sobre la validez de respuesta obtenida. Por este motivo, es una condición indispensable que un SE sea capaz de explicar su proceso de

razonamiento o dar razón del por qué solicita tal o cual información o dato (Lopez, 2002).

2.2.2. DIFERENCIAS DEL SISTEMA EXPERTO. Y EL EXPERTO HUMANO

Existe muchas diferencias entre un SE. Y un Experto Humano puesto que el Experto Humano es una persona competente en el área determinada del conocimiento son irremplazables y caras además, mientras él SE. Son programas que se manipulan conocimiento codificado para resolver problemas en un dominio especializado. Se puede ver algunas diferencias en la siguiente tabla 2.1.

Tabla 2.1 Diferencias entre sistema clásico y sistema experto

SISTEMA CLÁSICO	SISTEMA EXPERTO
Conocimiento y procesamiento combinados en un programa	Base de conocimiento separada del mecanismo de procesamiento
No contiene errores.	Puede contener errores.
No da explicaciones ,los datos solo se usan o escriben	Una parte del sistema experto la forma el módulo de explicación.
Los cambios son tediosos.	Los cambios en las reglas son fáciles.
El sistema solo opera completo.	El sistema puede funcionar con pocas reglas
Se ejecuta paso a paso	La ejecución usa heurísticas y lógica.

Necesita información completa para operar.	Puede operar con información incompleta
--	---

Fuente: (Johnson, 2006)

2.2.3. COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO

Según (Fernández, 1999), un punto importante dentro de los sistemas expertos es la separación entre las reglas y hechos (conocimiento) y su procedimiento. En base a esto encontraremos que los componentes de un sistema experto son:

Base de conocimientos donde existe tres tipos de conocimiento para construir un sistema experto, que son reglas, hechos y relaciones entre los componentes, afirmaciones y preguntas, para representar estos tipos de conocimientos se utiliza tres métodos que son reglas son declaraciones estructuradas en forma de oraciones condicionales y están expresadas a través de estructuras condicionales IF -THEN - ELSE con ellas se puede hacer reglas que regulen el resultado de determinada información y proporciona distintos caminos que nos lleva a un proceso más eficiente.

Estructuras contiene una jerarquía de componentes y atributos de objetos que pueden ser heredados o asignados llamados a través de reglas o expresiones lógicas.

Lógica estos cuentan son predicados, valores y átomos para evaluar hechos del mundo real. Un predicado puede tener uno o más argumentos que son los objetos que describe.

Mecanismo de Inferencia una vez que la base de conocimientos está completa, necesita ser ejecutada por un mecanismo de razonamiento y un control de búsqueda para resolver problemas. El mecanismo de inferencia es la unidad lógica con la que se extraen conclusiones de la base de conocimientos, imitando el procedimiento humano de los expertos para solucionar problemas.

Interacción Humano - Computadora este produce un dialogo entre la computadora y el usuario, el sistema experto puede hacer uso de diversas disciplinas para facilitar su uso. Dentro de estas se encuentra la educación, la psicología, la sociología y la antropología.

2.2.4. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA EXPERTO

La estructura básica de un sistema experto se define en lo siguiente

Dato un dato es un hecho, que individualmente carece de valor para una persona, por ejemplo el numero 7 carece de valor por que individualmente no significa nada para un tomador de decisiones frente a un problema, pues no generan acciones concretas.

Información este nace cuando un conjunto de datos es de utilidad para un tomador de decisiones, es decir cuando los datos son interpretados u útiles para una persona.

Conocimiento el conocimiento es un conjunto de reglas, hechos verdaderos, razones y los datos heurísticos recopilados por el experto, que han resultado y resultan útiles en la resolución de problemas, la acción depende exclusivamente del conocimiento de los expertos que se han adquirido por la experiencia y por reglas del “sentido común”.

Ingeniero de Conocimientos asume funciones de analista, decide si el sistema propuesto es factible, recopila los conocimientos que integra la base de conocimientos y pone dicha base en condición funcional, también debe cerciorarse que el sistema sea utilizable y seguro.

Sistema Informático Convencional maneja información numérica y soluciona sus problemas mediante el uso de algoritmos o procesos repetitivos fijos, que fueron programadas con anterioridad y que esperan siempre el mismo tipo de datos de entrada para procesarlos y generar respuesta (Fernández, 1999).

2.2.5. FORMAS DE REPRESENTAR EL CONOCIMIENTO

Representación de conocimiento es igual a escribir en un lenguaje que represente un conjunto de convenciones sintácticas y semánticas que hacen posible el describir sintaxis: símbolos y conjunto de reglas para combinarlos (Winston ,1999).

2.2.5.1 LA PSICOLOGÍA COGNITIVA

Las ideas más importantes en psicología obedecían al llamado paradigma conductista únicamente se puede estudiar a la mente analizando objetivamente las relaciones entre los estímulos que se recibe y las respuestas que se genera. La establecen tres tipos básicos de memoria a largo plazo.

Memoria Episódica guarda recuerdo de eventos experimentados personalmente, como “ayer me mordió un perro”

Memoria Semántica guarda vocabulario, hechos generales, conceptos y relaciones, sin referencia a como, donde o cuando sean adquiridos esos conocimientos.

Memoria procedimental guarda patrones de actuación frente a eventos o problemas específicos, patrones que pueden ser elementales.

2.2.5.2 REDES SEMÁNTICAS

Las redes semánticas han sido muy utilizadas en Sistemas Expertos (SE.) Para representar el conocimiento y por lo tanto ha existido una gran diversificación de técnicas, es una forma de representación de conocimiento lingüístico en la que sus conceptos y sus interrelaciones se representan mediante un grafo. En caso de que no existan ciclos, estas redes pueden ser visualizadas como árbol, los elementos básicos que se encontró en todos los esquemas de redes son:

Estructuras de datos en nodos, que representan conceptos, unidades por arcos que representan las relaciones entre los conceptos. Un conjunto de procedimientos de inferencia que operan sobre la estructura de datos

2.2.5.3 MARCOS O FRAMES

Generalmente el ser humano no analiza nuevas situaciones empezando desde cero y construye nuevas estructuras de conocimiento para describir esas situaciones. En vez de ello tiene disponible, en la memoria una colección de estructuras que representan sus experiencias anteriores con objetos, lugares y situaciones. Para analizar una nueva

experiencia, utiliza el conocimiento previo y las llega al conocimiento actual. De ahí que un FRAME es una estructura de datos para representar situaciones estereotípicas (propiedad típica de los objetos). La idea de tener una sola estructura de datos para poner el conocimiento relevante acerca de una clase de objetos, en lugar de tener el conocimiento distribuido de forma de reglas o formulas lógicas.

Un FRAME es una estructura de datos que organizan el conocimiento en objetos y eventos que resultan apropiados para situaciones específicas, representa un objeto o situación describiendo la colección de atributos que posee.

2.2.5.4. REGLAS DE PRODUCCIÓN

Un sistema de producción está formado por un conjunto de reglas de producción almacenadas en una memoria de trabajo (correspondiente a la memoria a corto plazo) y un procesador. Cada regla de producción tiene dos partes un patrón y una acción. El patrón se puede emparejar con algún elemento con la memoria de trabajo, cuando se produce en emparejamiento se dice que la regla se dispara, y entonces el procesador ejecuta la acción específica en la regla, es una formulación muy general que se puede concretar de distintas maneras. Un Acción puede ser una salida hacia el subsistema motor, una petición de recuperación de la memoria a largo plazo, o de almacenamiento de ella, o la generación de un nuevo patrón. Un patrón puede ser una simple declaración o proposición (reglas) o una estructura más compleja. Por otra parte el procesador tiene que ocuparse entre otras cosas de la resolución de conflictos que surgen cuando son varias las reglas aplicables Sowa (1984).

En una representación formal de una relación, una información semántica o una acción condicional, una regla de producción tiene generalmente las siguientes formas Si Premisa ENTONCES Consecuente Ofrece una gran facilidad para la creación y la modificación de la base de conocimientos. Permite introducir coeficientes de verosimilitud para ponderar el conocimiento (estos coeficientes se van propagando durante el proceso de razonamiento mediante unas fórmulas de cálculo establecida) en teoría el método asegura que cuanto más reglas posee más potente es, sin embargo es la forma de representación más intuitiva y rápida,

cuando el número de reglas aumenta la dificultad de verificación de todas las posibilidades con el consiguiente riesgo de perder la coherencia lógica en la base de conocimientos.

2.3 CUANDO CONSTRUIR UN SISTEMA EXPERTO

Se decide construir un SE, con el fin de obtener una experiencia, formar a un grupo de especialistas, mantenerse al día de nuevas tendencias, etc. Entonces las razones por las que se debe pensar en resolver un problema mediante un SE. Es:

- Si la experiencia es importante y escasa o se pierde
- Si la experiencia humana se requiere cada vez más lugares simultáneamente
- Si la experiencia se precisa en entornos hostiles
- Delimitar el problema
- El problema no debe requerir sentido común, ni inspiración para su solución, si no debe requerir conocimiento, juicio y experiencia

2.3.1 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Las ventajas de los Sistema Experto se mencionan a continuación.

- El costo es reducido a pesar de que el costo inicial puede ser elevado, gracias a la capacidad de la duplicación el costo finalmente es bajo.
- Peligro reducido el SE puede ser utilizado en ambientes que pueden ser peligrosos para los seres humanos
- Permanencia, a diferencia de un Experto Humano un SE. no envejece.

2.4. LÓGICA DIFUSA

La lógica difusa es una técnica de la inteligencia artificial que permite trabajar información con alto grado de imprecisión, es una metodología que proporciona una manera simple y elegante de obtener una conclusión a partir de información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, con ruido o incompleta, en general la lógica difusa imita como un persona toma decisiones basada en información con las características mencionadas. Una de las ventajas de

la lógica difusa es la posibilidad de implementar sistemas basados en ella tanto en hardware como en software o en combinación de ambos (Sánchez, 2009).

2.4.1. CONJUNTOS DIFUSOS

El concepto clave para entender cómo trabaja la lógica difusa es el de conjunto difuso, basándose en la idea de que existen conjuntos en los que no está claramente determinado si un elemento pertenece o no al conjunto. A veces, un elemento pertenece al conjunto con cierto grado, llamado grado de pertinencia. Por ejemplo, puedes decir que el valor de verdad difusa de la declaración "Juan es alto" es 0.75 si Juan mide 2 metros. Para escribir esto formalmente:

$$m(\text{ALTO}(\text{Juan})) = 0.75$$

Donde:

m es una función de pertenencia y es la función que asignará a 2 metros, de 0.75. La función de pertenencia puede ser increíblemente simple, o increíblemente compleja. Por ejemplo, una función de pertenencia relativamente simple puede ser:

$$m(\text{ALTO}(x)) = \begin{cases} 0; & x < 5 \\ \frac{x-5}{2}; & 5 \leq x \leq 7 \\ 1; & x > 7 \end{cases}$$

Se define como una función que crea una correspondencia para cada punto del grupo difuso A con el intervalo real $[0, 1]$ de tal manera que $m(A(x))$ es una aproximación del grado de pertenencia de x en A .

La manera apropiada de dar solución a este problema es considerar que la pertenencia o no pertenencia de un elemento x al conjunto A no es absoluta sino gradual. En definitiva, definiremos A como un Conjunto Difuso. Su función de pertenencia ya no adoptará valores en el conjunto discreto $\{0,1\}$ (lógica booleana), sino en el intervalo cerrado $[0,1]$. En conclusión podemos observar que los Conjuntos Difusos son una generalización de los conjuntos clásicos.

La notación matemática se define un Conjunto Difuso B como:

$$B = \{x, \mu_B(x) / x \in X\}$$

$$\mu_B: X \in [0,1]$$

La función de pertenencia se establece de una manera arbitraria, lo cual es uno de los aspectos más flexibles de los Conjuntos Difusos. Por ejemplo, se puede convenir que el grado de pertenencia de una temperatura de "45°C" al conjunto A es 1, el de "25°C" es 0.4, el de "6°C" es 0, etc.: cuanto mayor es el valor de una temperatura, mayor es su grado de pertenencia al conjunto B (Sánchez, 2009).

2.4.1.1. TIPOS DE FUNCIONES DE PERTENENCIA

Aun cuando cualquier función puede ser válida para definir un conjunto difuso, existen ciertas funciones que son más comúnmente utilizadas por su simplicidad matemática, entre estas se encuentran las funciones que se muestra en las siguientes figuras.

Función GAMMA: Esta es la función de transferencia para el conjunto difuso Gamma, como se muestra en la figura.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{si } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{si } x > b \end{cases}$$

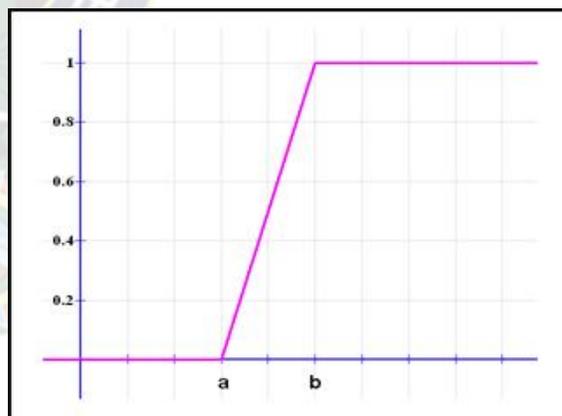


Figura 2.1 Función Gamma

Fuente: (Morales 2002)

Función L: Esta es la función L y puede definirse simplemente como 1 menos la función GAMMA

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x > d \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{si } c \leq x \leq d \\ 1, & \text{si } x < c \end{cases}$$

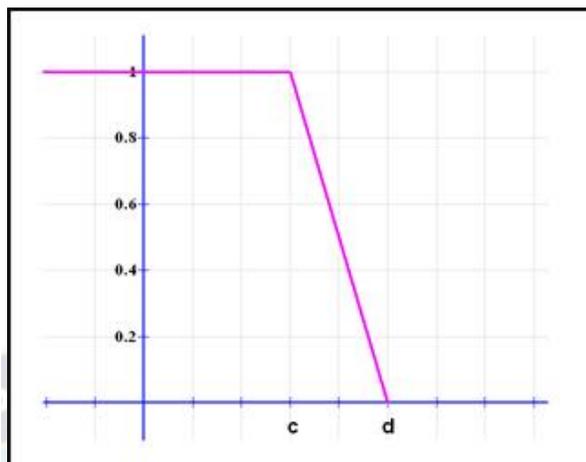


Figura 2.2 Función L

Fuente: (Morales 2002)

Función LAMBDA o triangular: Esta es la función de transferencia para un conjunto difuso triangular

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq a \\ (x-a)/(m-a) & \text{si } x \in (a, m) \\ (b-x)/(b-m) & \text{si } x \in (m, b) \\ 0 & \text{si } x \geq b \end{cases}$$

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{para } x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a} & \text{para } a < x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m} & \text{para } m < x \leq b \\ 0 & \text{para } x > b \end{cases}$$

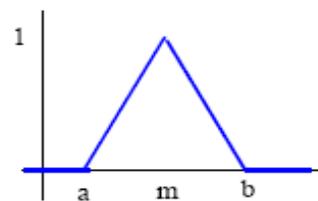


Figura 2.5 Función Lambda o Triangular

Fuente: (Morales, 2002)

Función trapezoidal: Esta es la función de transferencia para un conjunto difuso trapezoidal, también llamado la función de pertenencia de la función trapezoidal como se muestra en la siguiente figura.

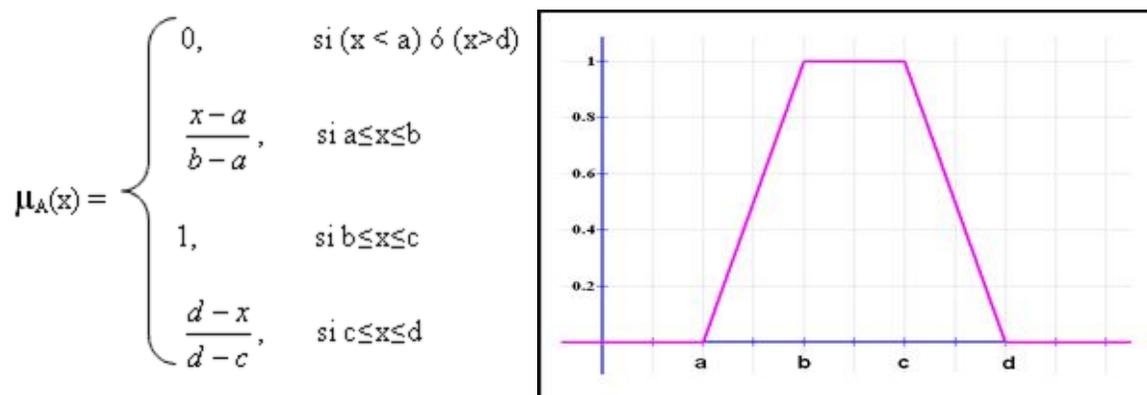


Figura 2.3 Función Trapezoidal
Fuente: (Morales, 2002)

2.4.2. VARIABLES LINGÜÍSTICAS

Una variable lingüística se define como una entidad utilizada para representar, de modo impreciso y, por tanto, es lingüístico, un concepto dado una variable de un problema. Se admite como valores y expresiones lingüísticas (frecuentemente llamadas de términos primarios), como frío, grande, aproximadamente alto, etc. Estos valores contrastan como valores asumidos por una variable numérica, que admite apenas valores precisos (Arredondo, 2009).

Se usan variables lingüísticas para analizar y modelar un sistema: por ejemplo Supongamos que $X = \text{“edad”}$, se pueden definir como conjuntos difusos: “joven”, “adulto”, “anciano” como se ve en la figura 2.4.

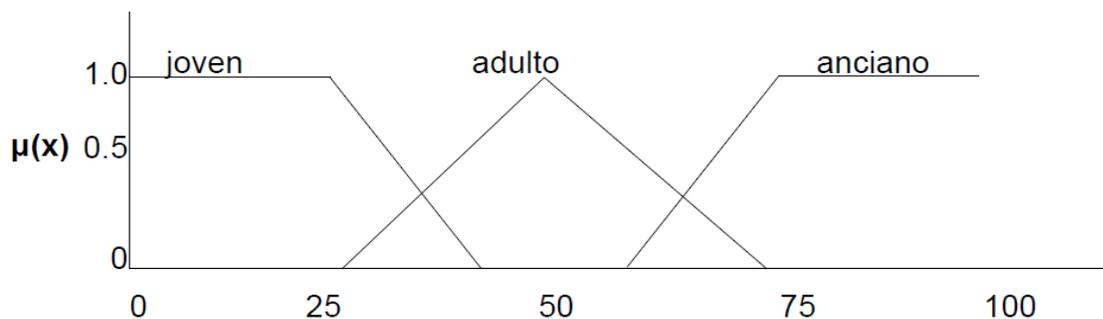


Figura 2.4 Variables Lingüísticas

Fuente: (Arredondo, 2009)

En la figura, el sistema de control hace los cálculos con base en sus reglas heurísticas, comentadas anteriormente. La salida final actuaría sobre el entorno físico, y los valores sobre el entorno físico de las nuevas entradas (modificado por la salida del sistema de control) serían tomados por sensores del sistema.

2.4.3. IMPLICACIÓN DIFUSA

En la lógica difusa el Modus Ponens se extiende a lo que se llama Modus Ponens Generalizado (MPG) y que representa la forma habitual de inferencia a partir de reglas en los sistemas difusos. El MPG permite inferir el valor borroso B' , dando un valor de entrada A' y una relación de implicación $RA \rightarrow B(x, y)$ que relacione ambas variables.

$$[p \rightarrow q \wedge p'] \rightarrow q'$$

Premisa 1: IF x es A THEN y es B

Premisa 2: x es A'

Conclusión: y es B'

El valor inferido B' se calcula mediante la composición del valor A' con la relación de implicación $R_{A \rightarrow B}(x, y)$

2.4.4. OPERACIONES ENTRE CONJUNTOS DIFUSOS

Las operaciones básicas de los conjuntos difusos son:

- Contención o subconjunto:

A es un subconjunto de B si y solo si la función de pertenencia de A es menor que la de B para todo x

$$A \subseteq B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$$

- Unión:

La unión de los conjuntos difusos A y B es el conjunto difuso C, y se escribe como $C = A \cup B$, su función de dependencia está dada por:

$$\mu_C(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

- Intersección:

La intersección de los conjuntos difusos A y B es el conjunto difuso C, y se escribe como $C = A \cap B$, su función de dependencia está dada por:

$$\mu_C(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

- Complemento (negación):

El complemento del conjunto difuso A, denotado por \bar{A} , se define como:

$$\mu_{\bar{C}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

2.4.5. MODELO DIFUSO MAMDANI

Para el modelo difuso tipo Mamdani se distinguen las siguientes partes:

2.4.5.1. FUZZIFICADOR

El control difuso siempre involucra este proceso de Fuzzificación, esta operación se realiza en todo instante de tiempo, es la puerta de entrada al sistema de inferencia difusa. Es un procedimiento matemático en el que se convierte un elemento del universo de discurso (variable medida del proceso) en un valor en cada función de pertenencia a las cuales pertenece.

2.4.5.2. MECANISMO DE INFERENCIA

Teniendo los diferentes niveles de pertenencia arrojados por el fuzzificador, los mismos deben ser procesados para genera una salida difusa. La tarea del sistema de inferencia es tomar los niveles de pertenencia y apoyado en la base de reglas generar la salida del sistema difuso.

2.4.5.3. BASE DE REGLAS DIFUSAS

La base de reglas es la manera que tiene el sistema difuso de guardar el conocimiento lingüístico que le permiten resolver el problema para el cual ha sido diseñado. Estas reglas son de tipo IF-THEN.

Una regla de la base de conocimiento tiene dos partes, el antecedente y la conclusión como se muestra a continuación.

IF la entrada es baja THEN la salida es alta

Donde:

La entrada es baja es el antecedente

La salida es alta es el consecuente

Los controladores difusos usan reglas, estas combinan uno o más conjuntos difusos de entrada llamados antecedentes o premisas y le asocian un conjunto difuso de salida llamado consecuente o consecuencia. Involucran a conjuntos difusos, lógica difusa e inferencia difusa.

A estas reglas se les llama reglas borrosas o difusas o fuzzy rules. Son afirmaciones del tipo SI-ENTONCES. Los conjuntos borrosos del antecedente se asocian mediante operaciones lógicas borrosas AND, OR, etc.

Las reglas son proposiciones que permiten expresar el conocimiento que se dispone sobre la relación entre antecedentes y consecuentes. Para expresar este conocimiento de manera completa normalmente se precisan varias reglas, que se agrupan formando lo que se conoce como base de reglas, es decir, la edición de esta base determina cual será el comportamiento

del controlador difuso y es aquí donde se emula el conocimiento o experiencia del operario y la correspondiente estrategia de control.

La base de reglas suele representarse por tablas. Esta es clara en el caso de 2 variables de entrada y una de salida. En la medida que la cantidad de variables lingüísticas crece, también lo hará la tabla, y más difícil se hará su edición.

Junto a cada regla puede estar asociado un valor entre cero y uno que pesa a tal regla, esto puede ser importante cuando una regla tiene menor fuerza que otras de la base de reglas.

Para llegar a obtener al conjunto de reglas que modelan un problema se puede partir de considerar todas las combinaciones de reglas, que es posible establecer teóricamente, entre el número de antecedentes p y el número de conjuntos difusos de entrada A considerado por cada antecedente.

En un sistema difuso tipo Mamdani tanto el Antecedente como el consecuente de las reglas están dados por expresiones lingüísticas.

2.4.5.4. DEFUZZIFICACIÓN

El resultado que genera el mecanismo de inferencia es una salida difusa, lo cual significa que no puede ser interpretada por un elemento externo por ejemplo un controlador, que solo maneje información numérica. En muchos casos es importante que la respuesta no sea difusa y se debe pasar de una respuesta difusa a una que no lo es. Para lograr donde se ha desarrollado el concepto de Defuzzificación. Se han propuesto varios métodos para lograr la transformación, algunos de ellos se explican a continuación. El método debe ser escogido de acuerdo con la aplicación que se desea hacer.

La salida del mecanismo de inferencia es un conjunto difuso resultante, para generar la salida numérica a partir de este conjunto existen varias opciones como el Centro de Gravedad, los Centros Promediados entre otros.

$$y = \frac{\sum_i b_i \int \mu(i)}{\sum_i \int \mu(i)} \quad y = \frac{\sum_i b_i \mu_{premise}(i)}{\sum_i \mu_{premise}(i)}$$

Centro de Gravedad

Centros Promediados

2.5. METODOLOGÍA

La metodología es un conjunto de métodos para tratar un conjunto de problemas, en el presente trabajo de investigación se utilizara el método Buchanan descrito a continuación a continuación.

2.5.1 METODOLOGÍA DE BUCHANAN

Para el desarrollo del sistema experto se utilizara la metodología Buchanan, en la adquisición de conocimiento (de distintas fuentes: expertos libros y revistas) el ingeniero de conocimiento procede atreves de una serie de etapas para producir un SE (Marín, 2013).

La característica más importante de esta metodología es la constante relación entre el ingeniero de conocimiento y el experto del área, se destacan 6 etapas fundamentales que son:

2.5.1.1 IDENTIFICACIÓN

La primera etapa consiste en identificación, Familiarizarse con el problema y el dominio abarca desde la lectura le libros, artículos, entrevistas o charlas con el experto, esta tarea es importante para determinar que lenguaje o sistema que se utilizara, se identifican los participantes y roles, se establecen las facilidades computacionales y presupuesto, se identifican los objetivos o metas.

2.5.1.2 CONCEPTUALIZACIÓN

La segunda etapa consiste en conceptualizar el sistema experto con la ayuda del experto y el ingeniero de conocimiento define el alcance del SE. Se analizarán los conceptos vertidos por el experto del área, los conceptos se toman en cuenta con sumo interés.

2.5.1.3 FORMALIZACIÓN

La tercera etapa es la formalización donde se identifican los conceptos relevantes e importantes, el resultado de formalizar el diagrama de información conceptual y los elementos sub-problemas es una especificación parcial para construir un prototipo de la base de conocimientos que determina los principales conceptos del dominio que se requieran utilizar cada una de las tareas que va resolver el sistema, está formada por una serie de mecanismos organizativos que el experto del campo usa para manejar en ese dominio.

2.5.1.4 IMPLEMENTACIÓN

La cuarta etapa se refiere a la implementación donde se formaliza el conocimiento obtenido del experto y se elige la organización, el lenguaje y el ambiente de programación. Para la aplicación particular, es el primer paso para la implementación del prototipo.

El formalismo usado es el apropiado para reflejar los conceptos y proceso de inferencia del experto

Las características particulares de construcción del lenguaje capturen exactamente los aspectos estructurales más importantes de los conceptos usados por el experto

2.5.1.5 TESTEO

En esta etapa donde se realiza el testeo se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, verificándose la performance del sistema.

2.5.1.6 REVISIÓN DEL PROTOTIPO

La última etapa donde se debe Optimizar el prototipo, se reformula los conceptos, se rediseña y refina el prototipo para ser más eficiente, este será un sistema experto aplicable.

2.6 BULIMIA

En la actualidad, los trastornos de la alimentación se consideran síndromes, y por tanto, suelen definirse en función de la aparición de un grupo de síntomas, La aparición de la bulimia se debe a tres factores los cuales son biológicos, psicológicos y sociales implicados en la aparición del cuadro, y que pueden contribuir a explicar la posible interacción de los síntomas psíquicos y físicos presentes en la enfermedad. Finalmente, revisamos el tratamiento con especial énfasis en la farmacoterapia .Aunque son cuadros en principio diferentes, la experiencia clínica indica que biográficamente muchas pacientes pasan de un cuadro a otro. En la bulimia el peso puede ser normal, inferior o superior a la media. En términos generales, las o los bulímicas(os) parten de un peso superior y son más impulsivas, asociándose más frecuentemente este cuadro a abuso de tóxicos y otras pérdidas en el control de los impulsos como la cleptomanía.

2.6.1 DEFINICIÓN DE BULIMIA

Según El DSM-IV (2002) la bulimia nerviosa consiste en atracones y en métodos compensatorios inapropiados para evitar la ganancia de peso. Además, la autoevaluación de los individuos con esta enfermedad se encuentra excesivamente influida por la silueta y el peso corporal. Estos atracones de comida y conductas compensatorias inadecuadas deben darse por lo menos dos veces a la semana durante tres meses.

Los atracones consisten en ingerir una cantidad de alimentos superior a la que la mayoría de las personas come en un periodo corto de tiempo, este puede iniciar en un restaurante y terminar en casa. Por lo general los alimentos que se tienden a consumir son dulces, y alimentos con un alto contenido calórico según el DSM-IV (2002).

Luego de un atracón, las personas con este trastorno tienden a sentirse avergonzados de su conducta, teniendo la sensación de falta de control e intentan esconder los síntomas,

realizando estas conductas en escondidas o lo más disimuladamente posible. Estos atracones ayudan a reducir la disforia transitoriamente pero luego se suele provocar sentimientos de auto desprecio y estado de ánimo depresivo. (DSM-IV, 2002)

DSM-VI (2002) plantea que la purga que llevan a cabo luego de los atracones es por lo general el vómito, utilizándolo el 80-90% de los casos que reciben atención clínica. Las personas con este trastorno pueden pasar sin comer uno o más días, realizan ejercicio físico intenso, para compensar los alimentos y calorías ingeridas durante los atracones. Este trastorno inicia generalmente en la adolescencia o al principio de la vida adulta y para ser diagnosticado deben estar presentes las alteraciones alimentarias a menos durante varios años.

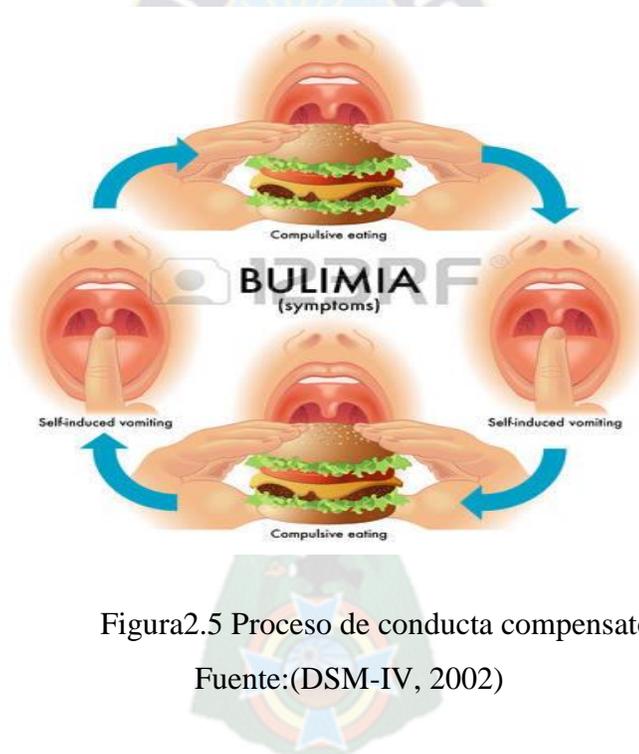


Figura2.5 Proceso de conducta compensatoria

Fuente:(DSM-IV, 2002)

2.6.2 TIPOS

Según DSM-IV (2002) existen 2 tipos:

2.6.2.1 TIPO PURGATIVO

Cuando la persona se ha provocado el vómito, ha realizado mal uso de los laxantes, diuréticos y enemas durante el episodio.

2.6.2.2 TIPO NO PURGATIVO

Cuando la persona ha utilizado otras técnicas compensadoras inapropiadas, como el ayunar o realizar ejercicio excesivo y que no se ha provocado el vómito ni ha hecho uso de laxantes, diuréticos y enemas durante el episodio.

El peso de la persona con este trastorno se encuentra dentro del margen de peso considerado normal, a pesar de que algunos presentan ligeras desviaciones por encima o debajo de la normalidad y este trastorno puede aparecer en personas con obesidad moderada. Y por lo menos un 90% de las personas que padecen bulimia nerviosa y reciben atención clínica, son mujeres. (Reich, 2001).

2.6.3 SINTOMAS

- Presencia de atracones recurrentes. Un atracón se caracteriza por: o Ingesta de alimento en un corto periodo de tiempo en cantidad superior a lo que ingieren la mayoría de las personas en un tiempo similar y en las mismas circunstancias. o Sensación de pérdida de control sobre la ingesta del alimento.
- Tiene conductas compensatorias inadecuadas que realiza de manera repetida con el fin de no ganar peso. Ejemplo: vómito, uso excesivo de laxantes, diuréticos, ayuno, ejercicio excesivo, etc.
- Los atracones y conductas compensatorias inapropiadas se realizan por lo menos dos veces a la semana durante tres meses.
- La autoevaluación está exageradamente influida por el peso y la silueta corporales.

Según Palazzoli et al (1999) existen los síntomas secundarios:

- La piel tiene un aspecto seco, escamoso y gris.

- Los resultados de la exploración endocrinológica no muestran ninguna alteración específica de la enfermedad.
- Existe una atrofia muscular y la fuerza física se conserva hasta que esté más avanzada la enfermedad.
- Cuando el cuerpo pone en funcionamiento el mecanismo de ahorro energético llega a producir bradicardia, hipotensión, reducción de la circulación periférica e hipotermia (por debajo de 35 grados), y disminución de los valores basales.

2.6.4 CAUSAS

Según Ogden (2005) comenta que dado el interés por la temática de los problemas alimenticios se han realizado más investigaciones proporcionando teorías de su causalidad. Se plantea que existen diversos factores, entre ellos:

2.6.4.1 GENÉTICA

A través de varias investigaciones se ha observado que la probabilidad de que un pariente de un paciente con bulimia, padezca un trastorno alimentario, era diez veces mayor a la población control. Esto quiere decir que en las familias donde se ha identificado con anterioridad la bulimia en algún miembro, va a presentar de nuevo este trastorno, pero en otro miembro de la familia. Se han realizado estudios similares a través de los cuales es mejor diferenciar los factores ambientales de los genéticos. Demostrando que hay una mayor influencia genética sobre la anorexia que en el desarrollo de la bulimia raich(2001).

2.6.4.2 PSICOLÓGICAS

Raich (2001) al hablar de estos factores hace referencia a aspectos cognitivos, conductuales y emocionales. Se presentan aspectos cognitivos inadecuados y persistentes que giran en torno a la comida, peso y aspecto general. Creando pensamientos dicotómicos, inferencia arbitraria, pensamientos supersticiosos, generalizaciones excesivas, ideas autorreferenciales, uso

selectivo de la información y magnificación de lo negativo. Por ejemplo: “Si comes a gusto, engordaras”, “no conseguiré controlarme nunca”, etc.

Se encuentra el sentimiento de fealdad, el cual aparece al compararse con los ideales culturales y que la sociedad impone. Creando comparaciones injustas, observándose únicamente los “defectos”, la sensación de fealdad nuevamente y culpa, mal humor y la predicción de la desgracia. La fotografía mental de su cuerpo no corresponde a una estimación objetiva, la evaluación de un objeto como el cuerpo que esta aligado con el auto estima amenaza con el propio valor y produce ansiedad, lo que no favorece a la objetividad según Raich (2001).

2.6.4.3 SOCIALES

Aquí se encuentra la influencia de los medios de comunicación, conversaciones entre los mismos adolescentes, la publicidad y el rechazo del obeso. (Raich, 2001).

2.6.5 CONSECUENCIAS

Según Ogden (2005) se producen alteraciones graves de los electrolitos: cloro, sodio, potasio, calcio y magnesio; estos son importantes ya que son necesarios para la producción de energía eléctrica natural del organismo. Se da la amenorrea que consiste en la perdida de los ciclos menstruales, lo cual puede llevar a Osteopenia y Osteoporosis.

Hay un aumento del azúcar en la sangre que puede llevar a la diabetes, fallos en hígado y colapso del riñón, problemas circulatorios y del sistema de inmunidad. Pueden presentarse problemas en el hígado o riñones y conducir a un deterioro neurológico o mental. Callos o hematomas en los dedos de la mano, por el uso recurrente de los dedos para provocarse el vómito. Puede provocar cáncer de garganta y cuerdas vocales debido a trastornos de reflujo ácido.



Figura 2.6. Atracón

Fuente: (Raich, 2001)



Figura 2.7 Distorsión de imagen

Fuente: (Raich, 2001)

Según Palazzoli, Cirillo, Selvini y Sorrentino (1999) puede producir convulsiones, debilidad, fatiga, deterioro de la dentadura que ocurre por desnutrición o por la erosión de los ácidos gastrointestinales a la hora de vomitar. Depresión que induce al suicidio y un descenso de la temperatura corporal. Los síntomas principales son los que se observa en la figura 2.6 y la figura 2.7.

Los síntomas que se presenta principales son:

- Comer grandes cantidades de comida en un periodo corto de tiempo.
- Inventar excusas para ir al baño mientras se está comiendo, lo vomita y luego se continúa comiendo.
- Hacer ejercicio en exceso o toma laxantes para desechar rápidamente lo que ha comido.
- Ocultar la comida o evitar comer delante de las demás personas.
- Se comienza con dietas para mejorar el aspecto físico.
- El deseo de comer alimentos ricos en grasas y dulces es muy fuerte.
- Los sentimientos de ira, cansancio, ansiedad, soledad o aburrimiento provocan la aparición de ingestas compulsivas.
- Después de un acceso se siente una gran culpa o se ensayan diferentes métodos para eliminar lo ingerido (vómitos provocados, laxantes y otros.)

- Ansiedad o compulsión para comer.
- Vómitos.
- Deshidratación.
- Alteraciones menstruales.
- Aumento de caries dentales.
- El hábito se arraiga.
- Abuso de medicamentos laxantes y diuréticos.
- Seguimiento de dietas diversas.
- Aumento y descensos de peso bruscos.
- Tienen miedo de aumentar de peso.
- Inventar excusas para ir al baño inmediatamente después de comer.
- Quemar calorías.
- Distorsión de la imagen corporal



CAPITULO III

MARCO APLICATIVO

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo abordaremos el desarrollo del sistema experto de diagnóstico de bulimia, se utilizara la metodología Buchanan, tomando en cuenta las etapas de Identificación, Conceptualización, formalización, implementación, testeo y revisión del prototipo, descritos anteriormente en el capítulo II.

Tabla 3.1 Etapas de la Metodología Buchanan

Etapas de la Metodología Buchanan	
Etapa 1: Identificación	Componentes que intervienen en la elaboración del sistema experto.
Etapa 2: Conceptualización	Adquisición del conocimiento Conceptos dados por el experto en psiquiatría
Etapa 3: Formalización	Formalización de variables aplicando lógica difusa Sistema de inferencia difuso para determinar el diagnostico Base de reglas difusas (base de conocimiento) Interfaz de codificación difusa o fuzzificador Motor de inferencia

	Interfaz de decodificación difusa o defuzzificador
Etapa 4: Implementación	Fase de construcción Desarrollo del prototipo Lenguaje utilizado swi-prolog.
Etapa 5: Testeo	Comparación de resultados vertidos por el SISBUL y el experto en psiquiatría.
Etapa 6: Revisión del Prototipo	Refinar el prototipo

Fuente: (Marín, 2013)

3.2 DESARROLLO DE LA PRIMERA ETAPA DE IDENTIFICACIÓN

Se inicia la primera etapa de identificación con la obtención de conocimiento en base a observaciones, entrevista con el experto, protocolo de análisis, y lecturas de investigaciones científicas

El sistema experto para el diagnóstico de bulimia (**SISBUL**) se diseñó para el área de la psiquiatría y se comenzó a realizar la investigación junto con el experto en psiquiatría antes se le realizó una entrevista así de esta manera se identificó los componentes en el desarrollo del sistema experto que se muestra en la figura 3.1.

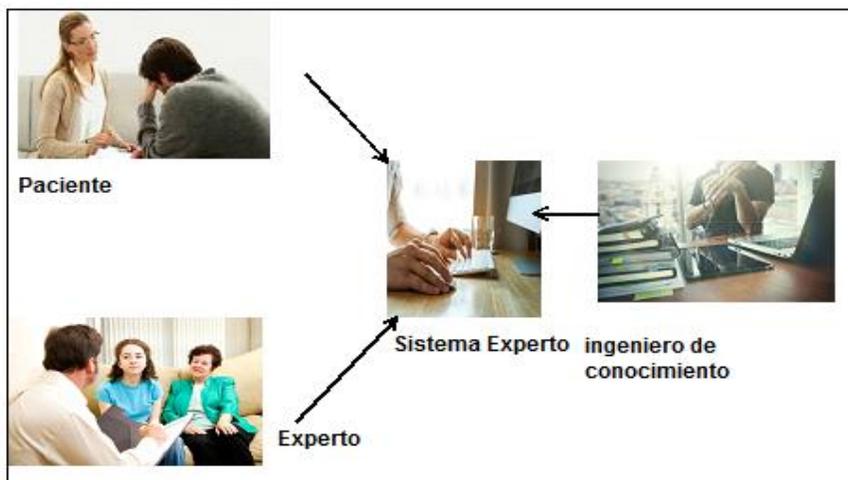


Figura 3.1 Componentes que intervienen en el diseño del Sistema Experto

Fuente: Elaboración propia

El componente clave para el desarrollo del sistema experto es el especialista en psiquiatría, él cual proporciona todo su conocimiento sobre esta enfermedad mental y el ingeniero de conocimiento el cual debe formalizar, ordenar estructurar esa información. También el paciente es fundamental en la construcción ya es el que informa sobre los síntomas.

Los componentes del sistema experto en se detalla en la figura 3.2.

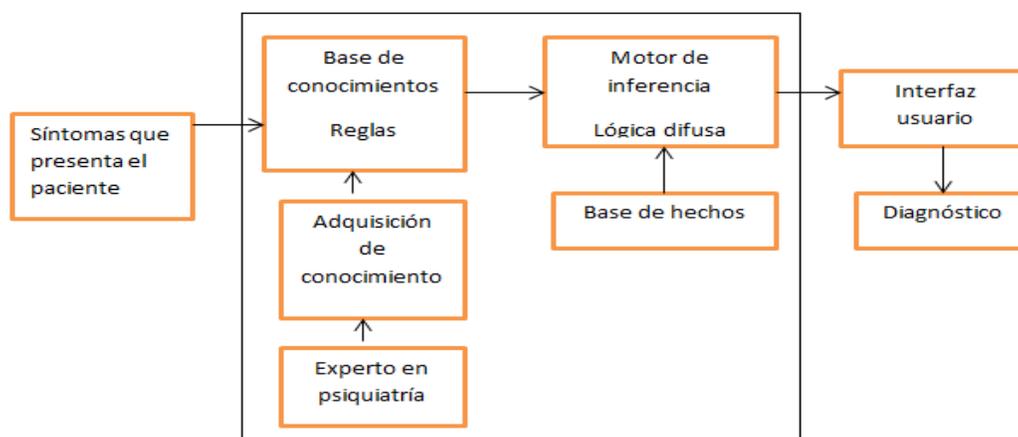


Figura 3.2 Componentes del SISBUL

Fuente: (Paco, 2012)

3.3 DESARROLLO DE LA SEGUNDA ETAPA DE CONCEPTUALIZACIÓN

Siguiendo las etapas, la siguiente tarea es la adquisición del conocimiento. Esta tarea es el desafío más difícil en el desarrollo de un sistema experto. Porque establece que conocimiento maneja el experto, como los utiliza, donde los emplea y cuando los usa.

La adquisición del conocimiento es inherentemente un proceso cíclico. Sigue las tareas de recolección del conocimiento, su interpretación y análisis, y el diseño de métodos para recolectar conocimiento adicional, se puede mencionar los siguientes:

La recolección es la tarea de adquirir conocimiento del experto. Este esfuerzo requiere entrenamiento en técnicas de entrevistas. Además requiere buenas habilidades de comunicación interpersonal y la habilidad para obtener la cooperación del experto.

Según El DSM-IV (2002) la bulimia nerviosa consiste en: atracones y en métodos compensatorios inapropiados para evitar la ganancia de peso. Además, la autoevaluación de los individuos con esta enfermedad se encuentra excesivamente influida por la silueta y el peso corporal. Estos atracones de comida y conductas compensatorias inadecuadas deben darse por lo menos dos veces a la semana durante tres meses.

Los atracones consisten en ingerir una cantidad de alimentos superior a la que la mayoría de las personas come en un periodo corto de tiempo, este puede iniciar en un restaurante y terminar en casa. Por lo general los alimentos que se tienden a consumir son dulces, y alimentos con un alto contenido calórico según el DSM-IV (2002).

Luego de un atracón, las personas con este trastorno tienden a sentirse avergonzados de su conducta, teniendo la sensación de falta de control e intentan esconder los síntomas, realizando estas conductas en escondidas o lo más disimuladamente posible. Estos atracones ayudan a reducir la disforia transitoriamente pero luego se suele provocar sentimientos de auto desprecio y estado de ánimo depresivo. (DSM-IV, 2002)

DSM-VI (2002) plantea que la purga que llevan a cabo luego de los atracones es por lo general el vómito, utilizándolo el 80-90% de los casos que reciben atención clínica. Las

personas con este trastorno pueden pasar sin comer uno o más días, realizan ejercicio físico intenso, para compensar los alimentos y calorías ingeridas durante los atracones. Este trastorno inicia generalmente en la adolescencia o al principio de la vida adulta y para ser diagnosticado deben estar presentes las alteraciones alimentarias a menos durante varios años.

Los síntomas que presenta el paciente es el siguiente:

- Comer grandes cantidades de comida en un periodo corto de tiempo.
- Inventar excusas para ir al baño mientras se está comiendo, lo vomita y luego se continúa comiendo.
- Hacer ejercicio en exceso o toma laxantes para desechar rápidamente lo que ha comido.
- Ocultar la comida o evitar comer delante de las demás personas.
- Se comienza con dietas para mejorar el aspecto físico.
- El deseo de comer alimentos ricos en grasas y dulces es muy fuerte.
- Los sentimientos de ira, cansancio, ansiedad, soledad o aburrimiento provocan la aparición de ingestas compulsivas.
- Después de un acceso se siente una gran culpa o se ensayan diferentes métodos para eliminar lo ingerido (vómitos provocados, laxantes y otros.)
- Ansiedad o compulsión para comer.
- Vómitos.
- Deshidratación.
- Alteraciones menstruales.
- Aumento de caries dentales.
- El hábito se arraiga.
- Abuso de medicamentos laxantes y diuréticos.
- Seguimiento de dietas diversas.
- Aumento y descensos de peso bruscos.
- Tienen miedo de aumentar de peso.
- Inventar excusas para ir al baño inmediatamente después de comer.

- Distorsión de la imagen corporal.

3.4 DESARROLLO DE LA TERCERA ETAPA DE FORMALIZACIÓN

Con el problema adecuadamente definido, el ingeniero del conocimiento empieza a determinar los principales conceptos del dominio que se requieren para realizar cada una de las tareas que va a resolver el sistema. Esto es importante para la tarea de definición del sistema experto y para mantener una adecuada documentación del mismo, ya que es útil para la tarea de diseño, construcción y para posteriores modificaciones del sistema.

Base de hechos

El paciente presenta recurrencia de vómitos al ingerir gran cantidad de alimentos.

El paciente presenta sentimientos de culpa.

El paciente presenta ansiedad.

El paciente presenta baja autoestima.

El paciente presenta problemas psicológicos.

El paciente presenta depresión.

El paciente presenta abuso psicológico

El paciente presenta abuso sexual

El paciente presenta dolor abdominal por la recurrencia de vómitos inducidos.

El paciente presenta unos problemas dentales.

El paciente presenta pérdida de peso

El paciente presenta callosidades en los dedos por causa del vómito.

El paciente presenta cansancio debido al ejercicio en exceso.

El paciente presenta neumonitis, dolores cardiacos y otros problemas físicos.

Se utilizara el modelo difuso tipo Mamdani, que tiene las siguientes características:

- Facilidad para derivación de reglas.
- Fácil interpretación de las reglas difusas.

Las reglas son del tipo “IF-THEN” y el sistema experto difuso tipo Mamdani tiene múltiples entradas y una única salida, presenta la siguiente estructura:

IF (X1 es a1) y (X2 es A2) y.....y (Xn es An) THEN Yes B

Donde Xi e Y son variables lingüísticas de entrada y salida respectivamente, los Ai y B son valores asociados a dichas variables.

La arquitectura del modelo difuso tipo Mamdani es:

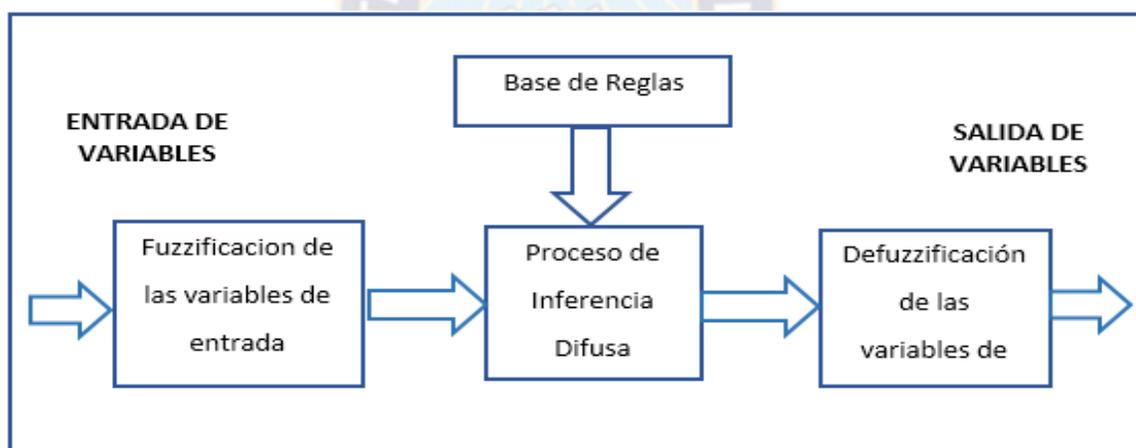


Figura 3.3 Descripción del Modelo Difuso Tipo Mamdani

Fuente: [Paco, 2012]

3.4.1 DEFINICIÓN Y CODIFICACIÓN DE VARIABLES

La identificación de variables y sus posibles valores son definidos en base al conocimiento adquirido por el ingeniero del conocimiento.

Así es como el sistema experto tiene como entrada los síntomas del lumbago, que presentan las personas que padecen de dicha enfermedad es por síntomas son necesario para la realización del prototipo.

- Conjunto de síntomas = {S1, S2, S3, S5....., Sn}, que son las variables de entrada con las que trabaja el sistema experto.
- Se realiza el proceso de inferencia con los síntomas de entrada, se aplica la lógica difusa para las variables lingüísticas y obtener un valor óptimo de modo que se permite encontrar el diagnóstico adecuado es decir las salidas = {D1, D2,....., Dn}.
- Cada paciente puede presentar un cuadro clínico diferente ya que se tiene dos etapas en esta enfermedad.
- Al valor resultante de la inferencia se aplica la función de desfuzzificación, para obtener la etapa de severidad en el que se encuentra el paciente.

A continuación se muestra la tabla de las variables lingüísticas de entrada.

Tabla. 3.2 Entradas de Variables al Sistema Experto

Nº	VARIABLE LINGÜÍSTICA	DESCRIPCIÓN	VALOR LINGÜÍSTICO
1	AA	ATRACONES	NUNCA, AVECES, SIEMPRE
2	EP	EDAD DEL PACIENTE	MENOR A 20 AÑOS, ENTRE 20 Y 50 AÑOS, 0 MAYOR A 50 AÑOS
3	SP	SEXO DEL PACIENTE	FEMENINO, MASCULINO
4	DI	DISTOSIÓN DE LA IMAGEN.	SI, NO
5	VI	.VOMITOS INDUCIDOS	NUNCA , AVECES, SIEMPRE
6	BA	BAJAAUTOESTIMA.	NUNCA , AVECES, SIEMPRE
7	DD	DEPRESIÓN.	SI, NO
8	AS	ABUSO SEXUAL.	SI, NO
9	UL	USO DE LAXANTES	SI, NO

10	EEX	EJERCICIO EN EXCESO.	SI, NO
11	PPS	PROBLEMAS PSICOSOCIALES.	NUNCA , AVECES, SIEMPRE
12	PP	PÉRDIDA DE PESO	SI, NO
13	DA	DOLOR ABDOMINAL.	SI, NO
14	PF	PROBLEMAS FISICOS.	SI, NO
15	CH	CAMBIOS DE HUMOR.	NUNCA , AVECES, SIEMPRE
16	AY	AYUNO	NUNCA , AVECES, SIEMPRE

3.4.2 FUZZIFICACION DE LAS VARIABLES

La fuzzificación consiste en convertir datos obtenidos del mundo real es decir (entrada del sistema) de un valor lingüístico a un valor numérico, en un determinado rango de pertenencia del mundo de la Lógica Difusa. Es decir que la fuzzificacion se encarga de transformar los datos precisos de entrada (valores numéricos) en valores manejables (valores difusos).

Las funciones de pertenencia definidos, para cada variable de entrada se aplican a sus valores actuales para poder determinar el grado de verdad, así poder relacionar cada una de estas reglas, con la base de conocimiento, que formarían a hacer las premisas en la lógica tradicional.

Sea X el paciente y S los síntomas escritos en la tabla de variables lingüísticas, usando la lógica de predicados tenemos:

$$\left(\forall x (\text{Paciente}(x) \rightarrow \text{SISBUL}(x, S_1, S_2, \dots, S_n)) \right)$$

Luego de obtener las variables de entrada se procede a transformar a las funciones de pertenencia adecuada a cada síntoma, esto par4a las preguntas que presentan más opciones de respuesta como rara vez, ocasionalmente, frecuentemente, mucha frecuencia. Dichos valores fueron asesorados por el experto del área.

Por lo tanto para interpretar estas variables se aplicara la fuzzificación, se utiliza la función triangular, para medir cada variable se recurrió a los porcentajes cuantificándolo de tal manera que sea entendible de la siguiente manera:

NUNCA: no tiene el síntoma, está en el rango de 0 por ciento a 30 por ciento.

AVECES: presenta el síntoma, está en el rango de 30 por ciento a 60 por ciento.

SIEMPRE: presenta el síntoma, está en el rango de 60 por ciento a 100 por ciento.

Las funciones de pertenencia están en el rango de $[0,1]$.

A continuación se presentan algunos síntomas que tienen varias respuestas y sus correspondientes funciones de pertenencia:

VARIABLE ATRACONES

Los conjuntos difusos de la variable **ATRACONES** son:

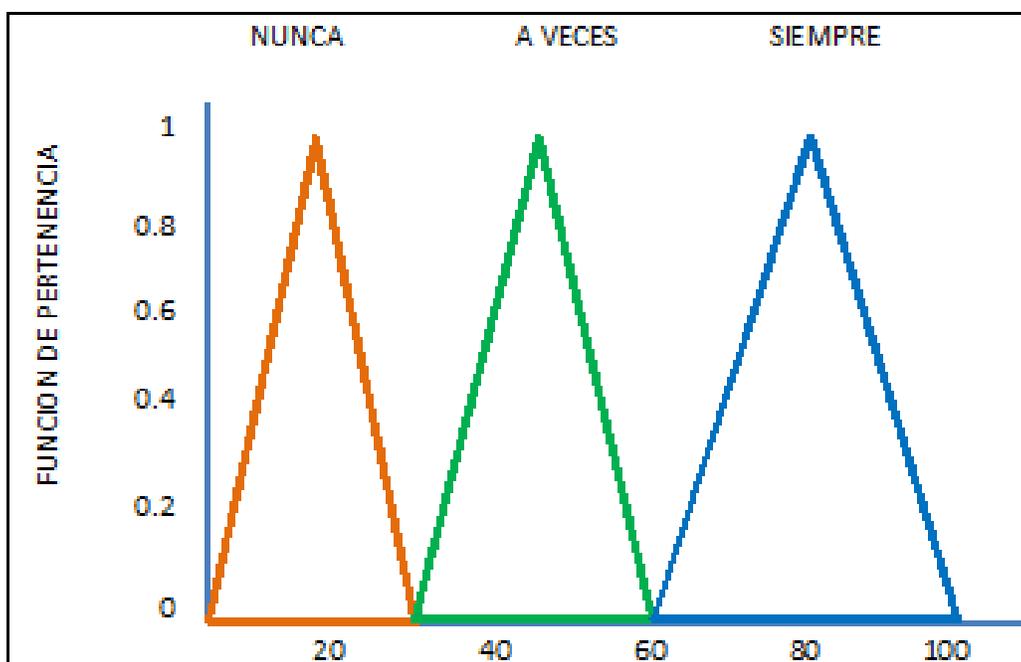


Figura 3.4 Conjuntos difusos de la variable Atracones

Tabla. 3.3 Función de pertenencia variable Atracones

FUNCION DE PERTENENCIA: ATRACONES		
NADA (X)	0	Si $X \leq 0$
	$(x-0)/(15)$	Si $0 \leq X \leq 15$
	$(30-x)/(15)$	Si $15 \leq X \leq 30$
	1	Si $30 \geq X$
MODERADO (X)	0	Si $x \leq 30$
	$(x-30)/(15)$	Si $30 \leq x \leq 45$
	$(60-x)/(15)$	Si $45 \leq x \leq 60$
	1	Si $60 \geq x$
GRAVE (X)	0	Si $x \leq 60$
	$(x-60)/(20)$	Si $60 \leq x \leq 80$
	$(100-x)/(20)$	Si $80 \leq x \leq 100$
	1	Si $100 \geq x$

VARIABLE VÓMITOS INDUCIDOS

Los conjuntos difusos de la variable Vómitos Inducidos del dolor son:

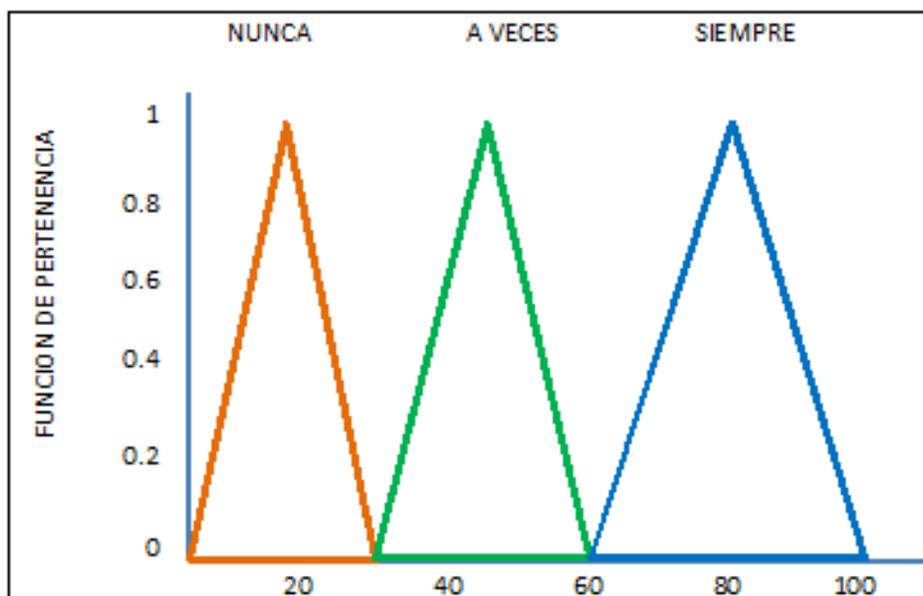


Figura 3.5 Conjuntos difusos de la variable Vómitos Inducidos

Tabla3.4 Función de pertenencia variable Vómitos Inducidos

FUNCION DE PERTENENCIA: IRRADIACION DEL DOLOR		
NUNCA (X)	0	Si $X \leq 0$
	$(x-0)/(15)$	Si $0 \leq X \leq 15$
	$(30-x)/(15)$	Si $15 \leq X \leq 30$
	1	Si $30 \geq X$
A VECES (X)	0	Si $x \leq 30$
	$(x-30)/(15)$	Si $30 \leq x \leq 45$
	$(60-x)/(15)$	Si $45 \leq x \leq 60$
	1	Si $60 \geq x$
SIEMPRE (X)	0	Si $x \leq 60$
	$(x-60)/(20)$	Si $60 \leq x \leq 80$
	$(100-x)/(20)$	Si $80 \leq x \leq 100$
	1	Si $100 \geq x$

VARIABLE BAJA AUTOESTIMA

Los conjuntos difusos de la variable Baja Autoestima son:

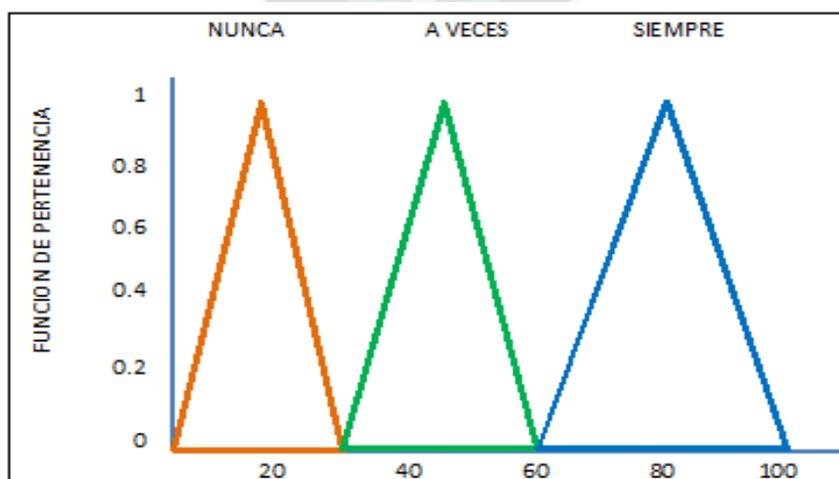


Figura 3.6 Conjuntos difusos de la variable Baja Autoestima

Tabla3.5 Función de pertenencia variable Baja Autoestima

FUNCION DE PERTENENCIA: BAJA AUTOESTIMA		
NUNCA (X)	0	Si $X \leq 0$
	$(x-0)/(15)$	Si $0 \leq X \leq 15$
	$(30-x)/(15)$	Si $15 \leq X \leq 30$
	1	Si $30 \geq X$
A VECES (X)	0	Si $x \leq 30$
	$(x-30)/(15)$	Si $30 \leq x \leq 45$
	$(60-x)/(15)$	Si $45 \leq x \leq 60$
	1	Si $60 \geq x$
SIEMPRE (X)	0	Si $x \leq 60$
	$(x-60)/(20)$	Si $60 \leq x \leq 80$
	$(100-x)/(20)$	Si $80 \leq x \leq 100$
	1	Si $100 \geq x$

VARIABLE CAMBIOS DE HUMOR

Los conjuntos difusos de la variable cambios de humor son:

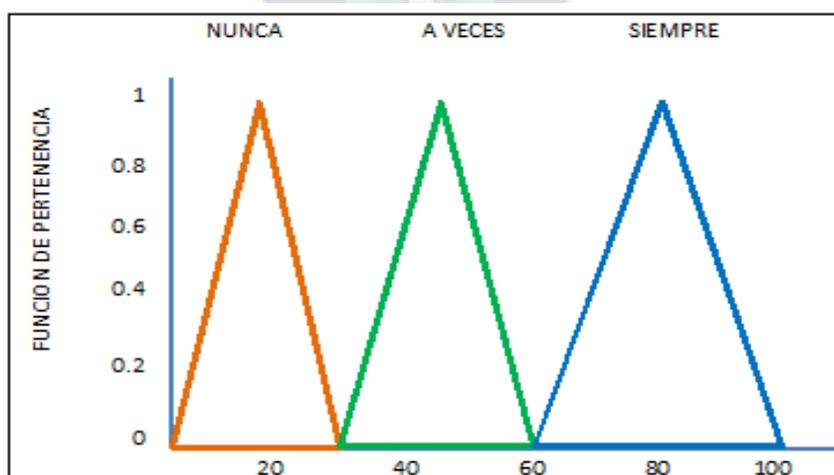


Figura 3.7 Conjuntos difusos de la variable Baja Autoestima

Tabla3.6 Función de pertenencia variable Cambios DE Humor

FUNCION DE PERTENENCIA CAMBIOS DE HUMOR		
NUNCA (X)	0	Si $X \leq 0$
	$(x-0)/(15)$	Si $0 \leq X \leq 15$
	$(30-x)/(15)$	Si $15 \leq X \leq 30$
	1	Si $30 \geq X$
A VECES (X)	0	Si $x \leq 30$
	$(x-30) / (15)$	Si $30 \leq x \leq 45$
	$(60-x) / (15)$	Si $45 \leq x \leq 60$
	1	Si $60 \geq x$
SIEMPRE (X)	0	Si $x \leq 60$
	$(x-60) / (20)$	Si $60 \leq x \leq 80$
	$(100-x) / (20)$	Si $80 \leq x \leq 100$
	1	Si $100 \geq x$

VARIABLE AYUNO

Los conjuntos difusos de la variable Ayuno son:

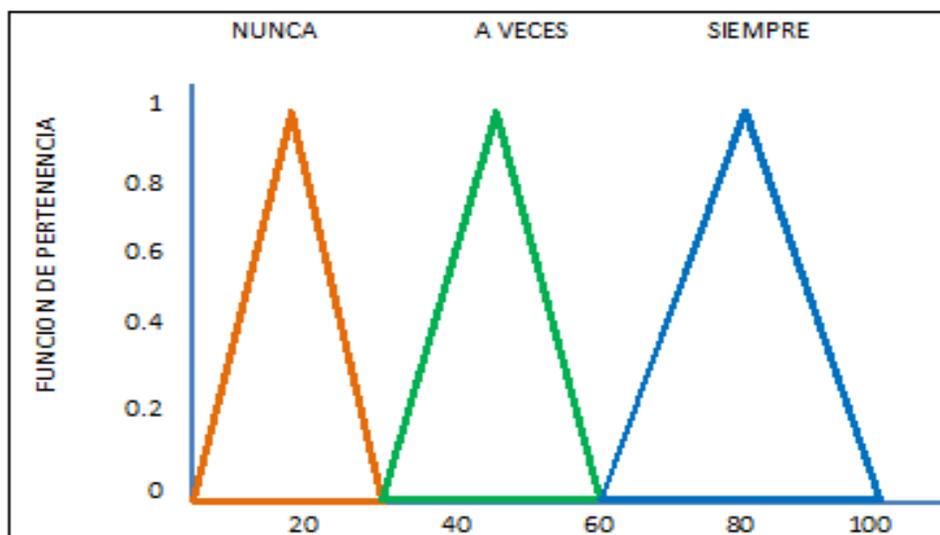
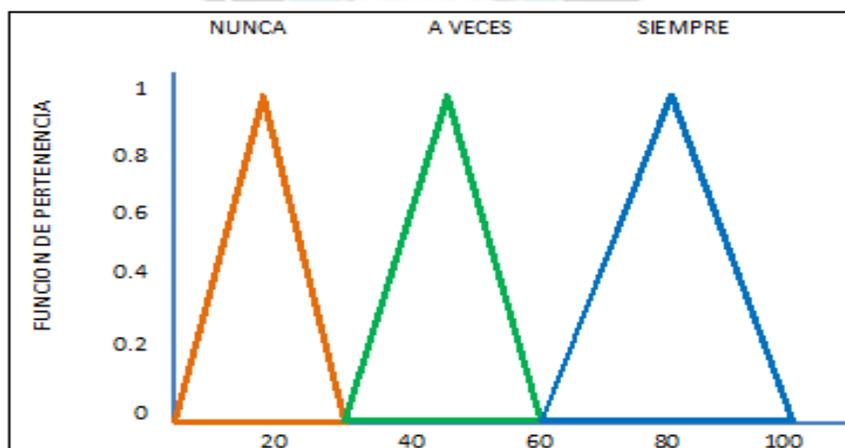
**Figura 3.8** Conjuntos difusos de la variable Ayuno

Tabla3.7 Función de pertenencia variable Ayuno

FUNCION DE PERTENENCIA: AYUNO		
NUNCA (X)	0	Si $X \leq 0$
	$(x-0)/(15)$	Si $0 \leq X \leq 15$
	$(30-x)/(15)$	Si $15 \leq X \leq 30$
	1	Si $30 \geq X$
A VECES (X)	0	Si $x \leq 30$
	$(x-30)/(15)$	Si $30 \leq x \leq 45$
	$(60-x)/(15)$	Si $45 \leq x \leq 60$
	1	Si $60 \geq x$
SIEMPRE (X)	0	Si $x \leq 60$
	$(x-60)/(20)$	Si $60 \leq x \leq 80$
	$(100-x)/(20)$	Si $80 \leq x \leq 100$
	1	Si $100 \geq x$

VARIABLE PROBLEMAS PSICOSOCIALES

Los conjuntos difusos de la variable Problemas psicosociales son:

**Figura 3.9** Conjuntos difusos de la Problemas Psicosociales**Tabla3.8** Función de pertenencia variable Problemas Psicosociales

FUNCION DE PERTENENCIA: PROBLEMAS PSICOSOCIALES		
NUNCA (X)	0	Si $X \leq 0$
	$(x-0)/(15)$	Si $0 \leq X \leq 15$
	$(30-x)/(15)$	Si $15 \leq X \leq 30$
	1	Si $30 \geq X$

A VECES (X)	0	Si $x \leq 30$
	$(x-30) / (15)$	Si $30 \leq x \leq 45$
	$(60-x) / (15)$	Si $45 \leq x \leq 60$
	1	Si $60 \geq x$
SIEMPRE (X)	0	Si $x \leq 60$
	$(x-60) / (20)$	Si $60 \leq x \leq 80$
	$(100-x) / (20)$	Si $80 \leq x \leq 100$
	1	Si $100 \geq x$

3.4.3 BASE DE REGLAS

En la base de conocimiento para el sistema experto está formado por reglas difusas las cuales son del tipo **IF-THEN**.

Dónde:

IF<ANTECEDENTE> THEN <CONSECUENTE>

Las reglas fueron diseñadas mediante el uso del modus ponens generalizado, para el diseño del sistema experto se considera todas las reglas.

Se describe la función (x) de un diagnostico o un resultado final, donde sus variables son otro objeto o premisa que tiene sus propios predicados que serían hechos para concluir un resultado como sigue:

$$(H_y, S_{y1}, S_{y2})$$

H_y = representan las reglas que anteriormente mencionamos codificación de variables.

S_{y1}, S_{y2} = representan los hechos.

T1 = EL PACIENTE TIENE BULIMIA NERVIOSA

$$\left(\forall x (\text{Paciente}(x) \rightarrow T1(x, [H_1 | S_{11}, S_{12}, S_{13}], [H_2 | S_{21}, S_{22}, S_{23}], \dots \dots \dots, [H_n | S_{n1}, S_{n2}, S_{n3}])) \right)$$

T2 = EL PACIENTE TIENE BULIMIA EN ETAPA INICIAL

$$\left(\forall x (\text{Paciente}(x) \rightarrow T2(x, [H_1 | S_{11}, S_{12}, S_{13}], [H_2 | S_{21}, S_{22}, S_{23}], \dots \dots \dots, [H_n | S_{n1}, S_{n2}, S_{n3}])) \right)$$

3.4.4 MECANISMO DE INFERENCIA

El motor de inferencia emplea información contenida en la base de conocimiento para llevar a cabo dicho proceso. El proceso de inferencia difusa está basado en la aplicación del Modus Ponens Generalizado (MPG) extensión del Modus Ponens de la lógica clásica. El Modus Ponens Generalizado permite inferir el valor borroso B' , dado un valor de entrada A' y una relación de implicación $\mathbf{R}A \rightarrow B(x, y)$ que relacione ambas variables.

Tabla 3.9 Inferencia Difusa MPG

Modus Ponens Generalizado (MPG)	
PREMISA 1:	Si x es A Entonces y es B
PREMISA 2:	x es A'
Consecuente:	y es B'

En un modelo difuso tipo Mamdani tanto el antecedente como el consecuente de las reglas están dados por expresiones lingüísticas.

Tomando de esta forma los niveles de pertenencia provenientes de la fuzzificación y apoyado en la base de reglas, generando la salida difusa.

3.2.3.6 DEFUZZIFICACION

Consiste en la conversión de un conjunto difuso resultante, para generar esta salida nos basaremos en el método de Defuzzificación llamado también centro de gravedad de Área, que consiste en hallar para cada conjunto difuso su área y ubicación.

$$y = \frac{\sum_i b_i \int \mu(i)}{\sum_i \int \mu(i)}$$

Centro de gravedad

Las reglas son las que se muestran a continuación para el diagnóstico de BULIMIA INICIAL son:

- Regla 1:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is A VECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 2:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is A VECES) and (PP is NO) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 3:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is NUNCA) and (PP is NO) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 4:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is NUNCA) and (PPS is NUNCA) and (PP is NO) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 5:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is SI) and (PPS is NUNCA) and (PPS is NUNCA) and (PP is NO) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 6:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is NO) and (EEX is SI) and (PPS is NUNCA) and (PPS is NUNCA) and (PP is NO) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 7:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is NUNCA) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is NO) and (EEX is SI) and (PPS is NUNCA) and (PPS is NUNCA) and (PP is NO) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 8:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A NUNCA) and (BA is NUNCA) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is NO) and (EEX is SI)

and (PPS is NUNCA) and (PPS is NUNCA) and (PP is NO) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 9:

IF (AA is NUNCA) and (DI is NUNCA) and (VI is A NUNCA) and (BA is NUNCA) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is NO) and (EEX is SI) and (PPS is NUNCA) and (PPS is NUNCA) and (PP is NO) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 9:

IF (AA is VECES) and (DI is NUNCA) and (VI is A NUNCA) and (BA is NUNCA) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is NO) and (EEX is SI) and (PPS is NUNCA) and (PPS is NUNCA) and (PP is NO) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 10:

IF (AA is VECES) and (DI is A VECES) and (VI is A NUNCA) and (BA is NUNCA) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is NO) and (EEX is SI) and (PPS is NUNCA) and (PPS is NUNCA) and (PP is NO) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 11:

IF (AA is VECES) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is NUNCA) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is NO) and (EEX is SI) and (PPS is NUNCA) and (PPS is NUNCA) and (PP is NO) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 12:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is SIEMPRE) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 13:
IF (AA is A VECES) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is SIEMPRE) and (DD is NOI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 14:
IF (AA is NUNCA) and (DI is NUNCA) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 17:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 18:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is NO) and (EEX is

NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 19:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is
A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO)
and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 20:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is
A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO)
and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 21:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is
A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO)
and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 22:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is
A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO)
and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 23:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 24:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 25:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 26:
IF (AA isNUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 27:
IF (AA isNUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO)

and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 28:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 29:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 30:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is SIEMPRE) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 31:

IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is NUNCA) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 32:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 33:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 34:
IF (AA is NUNCA) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 35:
IF (AA is A VECES) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)
- Regla 36:
IF (AA is A VECES) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is

NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

- Regla 37:

IF (AA is A NUNCA) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA EN ETAPA INICIAL)

Las reglas son las que se muestran a continuación para el diagnóstico de BULIMIA NERVIOSA son:

- Regla 38:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 39:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is SIEMPRE) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 40:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is A VECES) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX

is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 41:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is NUNCA) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 42:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is SIEMPRE) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 43:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is SIEMPRE) and (BA is SIEMPRE) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is NO) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PP is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 44:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is SIEMPRE) and (BA is SIEMPRE) and (DD is NO) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is SI) and (PPS is A VECES) and (PP is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 45:
IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is SIEMPRE) and (BA is SIEMPRE) and (DD is NO) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is SI) and (PPS is SIEMPRE) and (PP is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)
- Regla 46:
IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)
- Regla 47:
IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is NO) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)
- Regla 48:
IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is NUNCA) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)
- Regla 49:
IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX

is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is NUNCA) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 50:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and
(BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX
is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is NO)
THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 51:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and
(BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX
is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 52:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and
(BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX
is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

Regla 53:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and
(BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX
is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 54:
IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)
- Regla 55:
IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)
- Regla 56:
IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)
- Regla 58:
IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN (SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)
- Regla 59:
IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and (BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX

is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 60:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and
(BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX
is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 61:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and
(BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX
is NO) and (PPS is NUNCA) and (PPS is AVECES) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

- Regla 62:

IF (AA is A SIEMPRE) and (DI is SIEMPRE) and (VI is A VECES) and
(BA is A VECES) and (DD is SI) and (AS is NO) and (UL is SI) and (EEX
is NO) and (PPS is A VECES) and (PPS is NUNCA) and (PP is SI) THEN
(SALIDA is BULIMIA NERVIOSA)

3.5 DESARROLLO DE LA CUARTA ETAPA IMPLEMENTACION

Después de realizar la formalización de la base conocimiento y con utilización de lógica difusa y la técnica del mismo que es modelo mamdani y sus funciones de pertenencia de cada variable difusa se procederá a realizar la implantación del prototipo.

Se escoge el lenguaje programación prolog con su respectiva aplicación Swi - Prolog el cual en código abierto y además maneja tareas lógicas adecuadas para el sistema experto, y también tiene incorporado las herramientas necesarias para diseñar el interfaz del sistema experto.

3.5.1 INTERFAZ DE USUARIO

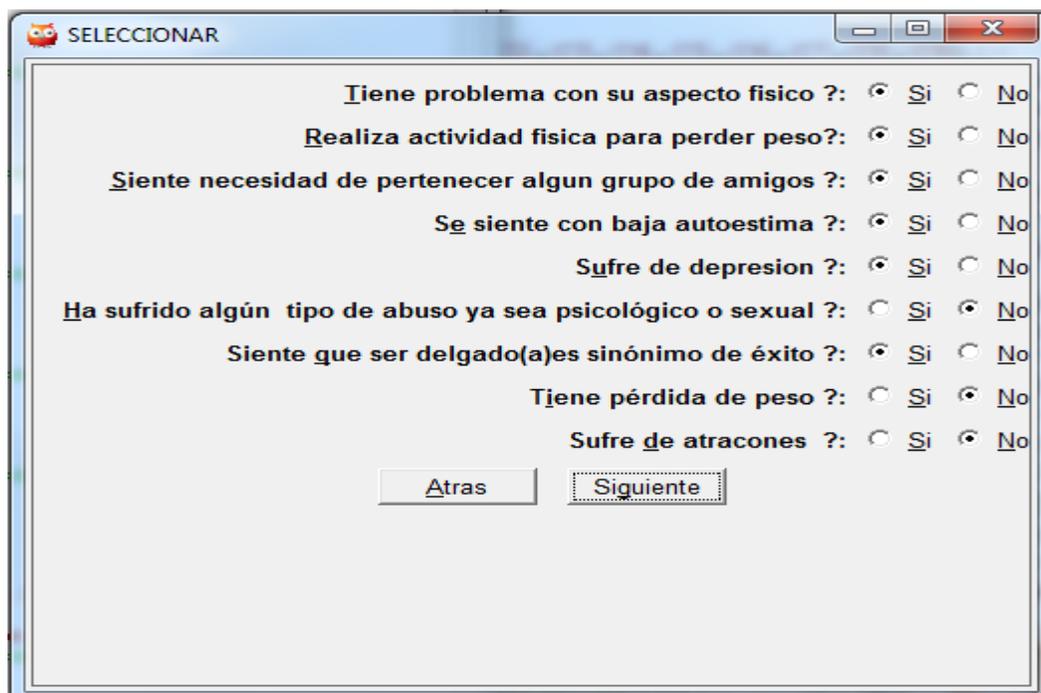
Las interfaces deben ser lo más entendible posible ya es puente que permite la comunicación entre las personas que deseen consultar sobre la enfermedad de la bulimia con el sistema experto. En la interfaz de consulta, el usuario comienza a seleccionar el tipo de síntoma que presenta para luego obtener su respectivo diagnóstico.

Como resultado de hacer interactuar las reglas del motor de inferencia con un término de la estructura de la base de conocimiento, el sistema debe proporcionar opciones de consulta. Y estas opciones dependerán del material almacenado en la base de conocimiento experto.

A continuación se muestra la pantalla principal del prototipo, que es la primera interfaz entre el sistema experto y el usuario como se muestra en la figura.



Figura 3.10 Pantalla principal de SISBUL



SELECCIONAR

Tiene problema con su aspecto fisico ? : Si No

Realiza actividad fisica para perder peso? : Si No

Siente necesidad de pertenecer algun grupo de amigos ? : Si No

Se siente con baja autoestima ? : Si No

Sufre de depresion ? : Si No

Ha sufrido algún tipo de abuso ya sea psicológico o sexual ? : Si No

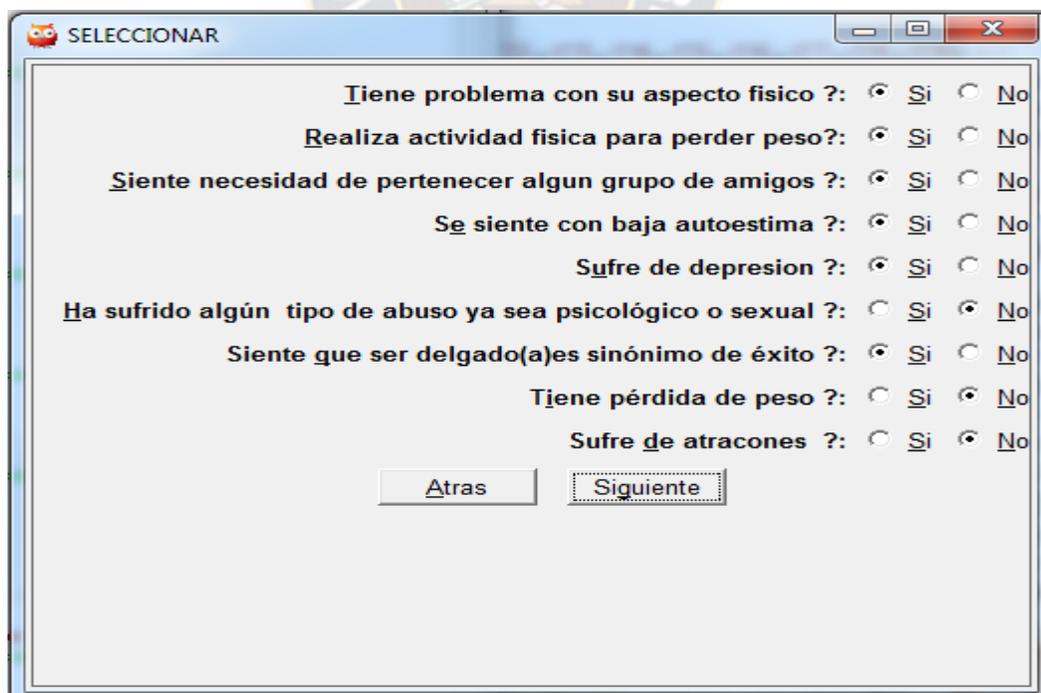
Siente que ser delgado(a)es sinónimo de éxito ? : Si No

Tiene pérdida de peso ? : Si No

Sufre de atracones ? : Si No

Atras Siguiente

Figura 3.11 Pantalla de preguntas del SISBUL



SELECCIONAR

Tiene problema con su aspecto fisico ? : Si No

Realiza actividad fisica para perder peso? : Si No

Siente necesidad de pertenecer algun grupo de amigos ? : Si No

Se siente con baja autoestima ? : Si No

Sufre de depresion ? : Si No

Ha sufrido algún tipo de abuso ya sea psicológico o sexual ? : Si No

Siente que ser delgado(a)es sinónimo de éxito ? : Si No

Tiene pérdida de peso ? : Si No

Sufre de atracones ? : Si No

Atras Siguiente

Figura 3.12 Pantalla de preguntas del SISBUL

En la segunda ventana se muestra la formulario de preguntas sobre la bulimia, existe otra ventana en la cual existen preguntas causas psicológicas que podría presentar el paciente.

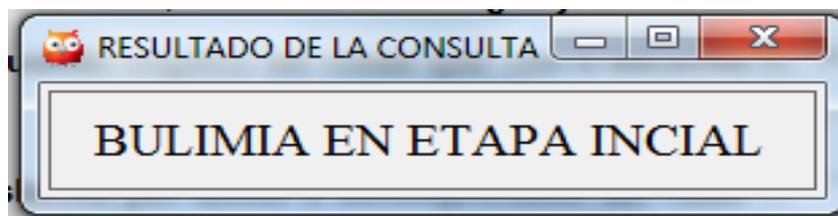


Figura 313 Diagnóstico de la enfermedad de la bulimia

 A screenshot of a Prolog IDE window titled "primero_bulimia.pl". The window contains the following code:


```

) .
relHechoPre('Tiendo a aislarme por temor e incomprension del resto '
,X):-relHechoRes(X) .
relHechoPre('el atracon sucede mas seguido ',X):-relHechoRes(X) .
relHechoPre('despues se realiza vomito inducido ',X):-relHechoRes(X)
.
relHechoPre('tiene dolor abdominal ',X):-relHechoRes(X) .
relHechoPre('tiene la dentadura deteriorada ',X):-relHechoRes(X) .

sisexpbulimia:-
new(D,dialog('SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE
BULIMIA BASADO EN LÓGICA DIFUSA')),
send(D,size,size(560,400)),
send(D,append,new(Menu,menu_bar)),
send(Menu,append,new(Consultar,popup(consultar))),
send(Menu,append,new(Ayuda,popup(ayuda))),
send_list(Consultar,append,
[ menu_item(consultar,message(@prolog,panp
rin))
]),
send_list(Ayuda,append,
[ menu_item(autor,message(@display,inform
,'sistemaExpertoPsicosis.blogspot.com'))
]).
  
```

 The status bar at the bottom of the window indicates "user:relHechoPre/2: (loaded) 22 clauses, number_of_rules(22)" and "Line: 25".

Figura 3.14 Código en swiprolog

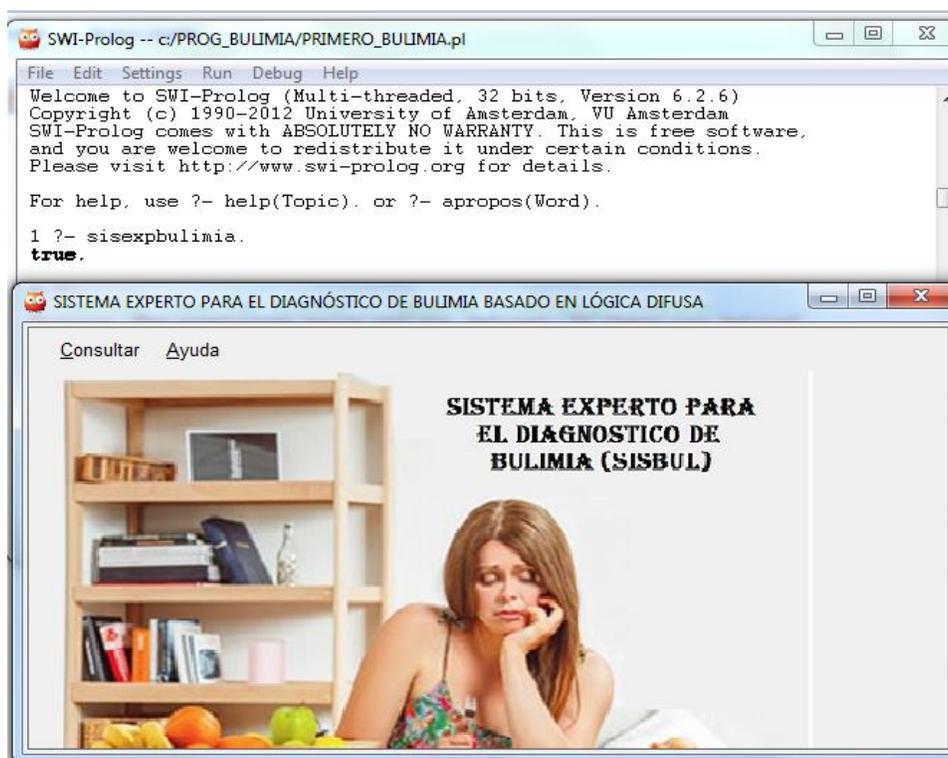


Figura 3.15 Código del sistema experto SISBUL

3.6 DESARROLLO DE LA QUINTA ETAPA DE TESTEO

En esta etapa se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y las estructuras de las inferencias, verificándose que el sistema experto posee eficiencia.

3.7 REVISIÓN DEL PROTOTIPO

Para finalizar con la construcción del sistema experto para el diagnóstico de bulimia basado en lógica difusa, como se mencionó en el segundo capítulo, en esta fase final se debe refinar y rediseñar el prototipo a la par se reformulan los conceptos, definiciones para su buen funcionamiento y el resultado sea confiable. Los usuarios necesitan un camino para reportar problemas que ellos encuentran, y los individuos con habilidades de ingeniero de conocimiento deben estar disponibles para hacer los cambios.

CAPITULO IV

4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Se define la hipótesis como un intento de aplicación o una respuesta, llegar a comprobar o rechazar la hipótesis que se ha planteado previamente, confrontando su enunciado teórico con los hechos empíricos, es el objeto primordial de todo estudio que pretenda explicar algún campo de la realidad.

4.1.1 ETAPAS BÁSICAS PARA LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

1. plantea la hipótesis nula y alternativa
2. selecciona el nivel de significancia
3. identifica el estadístico de prueba
4. formula la regla de decisión
5. toma una muestra y se decide
6. Para este último paso se rechaza H_0 o se acepta H_1

4.1.2 CONTRASTES DE RACHAS DE WALD-WOLFOWITZ

Supongamos una población cuya función de distribución es desconocida y sea X la variable aleatoria asociada a esa población, la cual solo puede tomar dos posibles valores, como por ejemplo, éxito (A) y fracaso (B) o bien sexo femenino (F) y masculino (M), etc.

Consideramos una muestra de tamaño n con el fin de plantear el siguiente contraste de aleatoriedad.

H_0 : La muestra es aleatoria

H_1 : La muestra no es aleatoria

En general, sea una muestra de tamaño n en la que han aparecido n_1 elementos de tipo A y n_2 elementos del tipo B, siendo $n_1+n_2=n$. y sea la variable aleatoria:

R: número total de rachas en la muestra

Para muestra grande y bajo la hipótesis H_0 es decir, para muestras aleatorias la distribución de probabilidad de R tiende hacia la normal a medida que n_1 y n_2 se van haciendo grandes. Esta aproximación es bastante buena si $n_1 > 10$ y $n_2 > 10$; de tal manera que:

$$R \rightarrow N(E[R], \sqrt{Var[R]})$$

Siendo: Esperanza

Varianza

$$E[R] = \frac{2n_1n_2}{n_1n_2} + 1 \qquad Var[R] = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)(n_1 + n_2 - 1)}$$

Por consiguiente para muestras grandes se verifica:

$$Z = \frac{R - E[R]}{\sqrt{Var[R]}}$$

Y para una muestra concreta el valor del estadístico Z será:

$$Z_{exp} = \frac{r - \left(\frac{2n_1n_2}{n} + 1\right)}{\sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n)}{n^2(n-1)}}}$$

En donde R es el número total de rachas observadas en la muestra y la región de aceptación para la hipótesis nula será:

$$-Z_{\alpha/2} < Z_{exp} < Z_{\alpha/2}$$

El valor $Z_{\alpha/2}$ se obtiene en la tabla de la $N(0,1)$, de manera que:

$$p\left(Z_1 \leq -Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = P\left(Z_1 \geq -Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = \frac{\alpha}{2}$$

4.1.3 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Paso1: Planteamiento de la hipótesis nula y alternativa

H0= La lógica difusa permite al sistema experto apoyar el trabajo de profesional del área en salud mental para proporcionar un diagnóstico oportuno sobre la bulimia.

H1= La lógica difusa **no** permite al sistema experto apoyar el trabajo de profesional del área en salud mental para proporcionar un diagnóstico confiable sobre la bulimia.

Paso2: Seleccionar el nivel de significancia

El nivel de confianza o significancia que se elige para este caso es de 90%, eso quiere decir que $\alpha = 0.05$ en la Tabla Normal

Paso3: Identificación del estadístico de prueba

Para este caso se utiliza la prueba de rachas o wald-wolfowitz utiliza los signos de los residuos y sus variaciones de negativo a positivo o viceversa. Una racha vendrá constituida por la sucesión de signos iguales.

Paso4: Formulación de la regla de decisión.

Para la prueba se toman 30 síntomas. A continuación se muestra un resumen de las pruebas realizadas con el diagnóstico de la bulimia en tabla 4.1.

Tabla 4.1 Comparación de resultados del especialista en psiquiatría con los del sistema experto (SISBUL).

NRO	DIAGNÓSTICO DE EXPERTO PSIQUIATRÍA	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA EXPERTO SISBUL	ACEPTACIÓN POR RACHAS
1	Inicio de la Bulimia	Inicio de la Bulimia	+
2	Inicio de la Bulimia	Inicio de la Bulimia	+
3	Tiene Bulimia	Faltan datos	-

	Nerviosa		
4	Inicio de la Bulimia	Inicio de la Bulimia	+
5	Es posible Bulimia Nerviosa	Bulimia Nerviosa	+
6	Inicio de la Bulimia	No se pude especificar	-
7	Tiene Bulimia Nerviosa	Faltan datos	+
8	Tiene Bulimia Nerviosa	Bulimia Nerviosa	+
9	Inicio de la Bulimia	Faltan datos	-
10	Inicio de la Bulimia	Inicio de la Bulimia	+
11	Inicio de la Bulimia	Inicio de la Bulimia	+
12	Es posible Bulimia Nerviosa	Bulimia Nerviosa	+
13	Tiene Bulimia Nerviosa	Bulimia Nerviosa	-
14	Inicio de la Bulimia		-
15	Tiene Bulimia Nerviosa	Bulimia Nerviosa	-
16	Inicio de la Bulimia	Faltan datos	-
17	Inicio de la Bulimia	Faltan datos	-
18	Inicio de la Bulimia	Inicio de la Bulimia	+
19	Inicio de la Bulimia	Faltan datos	-
20	Inicio de la Bulimia	Inicio de la Bulimia	-

Al hacer la evaluación con el sistema experto los resultados fueron los siguientes:

(-)(+++)(----)(++)(--)(++)(---)(+++)(--)(+++)(----)

Donde:

(-) Representa los casos que no reconoce el sistema experto

(+) Representa los casos que reconoce el sistema experto

Siendo racha construida por la sucesión de signos iguales. En nuestro caso tenemos 7 rachas, $k=7$, que se reconoce entre paréntesis a continuación:

Siendo $n=30$ el número total de observaciones, $n_1=10$ el número de residuos positivos y $n_2=10$ el número de residuos negativos, el número de rachas estará normalmente distribuido con media y varianza expresada por las formulas:

Esperanza

$$E(k) = \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

$$E(k) = \frac{2 * 10 * 10}{10 + 10} + 1 = 11$$

Varianza

$$S^2(k) = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)} + 1$$

$$S^2(k) = \frac{2 * 10 * 10(2 * 10 * 10 - 10 - 10)}{(10 + 10)^2(10 + 10 - 1)} + 1$$

$$= 8.24$$

$$S(k) = \sqrt{5,74} = 2,39$$

Paso6: Toma de decisión.

Como regla de decisión, al 95% de confianza, no se rechaza la hipótesis nula de aleatoriedad H_0 si el número de rachas obtenidas se encuentra en el intervalo.

$$[E(k) - 1.96 * S(k) \quad - \quad E(k) + 1.96 * S(k)]$$

Reemplazando valores

$$[11 - 1.96 * 2.39] - [11 + 1.96 * 2.39]$$

$$[6.32 - 15,68]$$

Que en nuestro caso toma los valores [10.3- 21.6]. Puesto que $k=7$, cae dentro del intervalo no podemos rechazar la hipótesis, por lo tanto podemos afirmar H_0 = La lógica difusa permite al sistema experto apoyar el trabajo de profesional del área en salud mental para proporcionar un diagnóstico confiable sobre la bulimia.

Lo que hace de esta tesis un trabajo valido, y además se prueba que los datos de la muestra son aleatorios.



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 ESTADO DE LA HIPÓTESIS

De acuerdo a la hipótesis, planteada en el Capítulo I, Se concluye que el tema de investigación, cumple la hipótesis planteada, con los resultados obtenidos, donde el prototipo de sistema experto para el diagnóstico de bulimia presenta coincidencia con el experto humano del área.

5.2 CONCLUSIONES

De las pruebas realizadas en el prototipo del sistema experto para el diagnóstico de la bulimia, se logró alcanzar el objetivo general planteado en el capítulo 1 mediante el diseño del sistema experto para el diagnóstico de bulimia basado en lógica difusa en pacientes para obtener un diagnóstico oportuno. Para luego se tome decisiones para el respectivo tratamiento.

Se logró cumplir con los objetivos específicos, la base conocimiento que se obtuvo del experto humano, la formalización de la base de hechos y la regla de producción, como también se logró realizar el modelo difuso tipo mamdani en las variables de entrada que fueron los síntomas que presenta el paciente.

5.3 RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar el estudio de la enfermedad de la bulimia y su respectivo tratamiento, para luego completar la base de conocimientos de esa manera completar las reglas de producción para así tener no solo para el diagnóstico si no también el respectivo tratamiento.

Realizar la construcción de sistema experto utilizando otra técnica de la inteligencia artificial como ser redes neuronales.

Con el avance de la tecnología y el uso de celulares inteligentes se lo podría volver en una aplicación.

6. FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alejandro, B. R. (2009). *Monografía de Sistemas Expertos*. En B. R. Alejandro, *Monografía de Sistemas Expertos* (pág. 65). Buenos Aires.
- Arredondo, V.(2014.).*Introducción a la lógica difusa*. Recuperado de http://www.esi.uclm.es/www/cglez/downloads/docencia/2011_Softcomputing/LogicaDifusa.pdf.
- Arias, C.R. (2015).*Sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de la dificultades de desarrollo en niños menores de 5 años basado en lógica difusa*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Bautista, P. M. (2015).*Sistema experto para evaluar y diagnosticar enfermedades lumbares*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Badaro, S.yIbañez, L.J. (2013).*Sistemas expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Palermo.
- Casillo, E. (2006). *Sistemas Expertos y Modelo de Redes Probabilísticas*. En E. Casillo, *Sistemas Expertos y Modelo de Redes Probabilísticas* (pág. 639). Santander - España.
- Chávez, J. (2012).*Sistema experto para el diagnóstico de infecciones respiratorias agudas en menores de 5 años*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Dialnet.Sistema experto basado en lógica difusa .recuperado de: http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf
- Durkin, J. (1998). *Ingeniería del conocimiento*, México: Prentice.
- DSM-IV (2002).*Manual de diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales IV*.
- Fernández, L. M. (2007). *Inteligencia Artificial*. En L. M. Fernández, *Sistemas Expertos y Redes Neuronales* (pág. 69). Madrid España.
- Gutierrez, V. C. (2015). *Sistema Esperto Difuso en la Web para el diagnóstico de Diabetes*. Mexico.
- Lopez, I. (2002).*Sistemas Expertos*, Venezuela: Elio A. Pérez

- Martínez, R. y Britos, P. (2004). *Ingeniería de Sistemas Experto*, Buenos Aires, Argentina: Nueva Librería S. R.L
- Morcillo, C. G. (2007). *Lógica Difusa. Técnicas de softcomputing*, 29. Nelson, F. (2010). *Sistema difuso*. Bistua,
- Marín, A. (2013). *Sistema experto para el diagnóstico de desnutrición en niños menores a 5 años utilizando lógica fuzzy*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Mendoza, M. (2016). *Sistema experto para el diagnóstico de diabetes basado en conjuntos difusos*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Paco, M. (2012). *Sistema Experto para el diagnóstico de mal de Chagas*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Revista Metodológica, (2000). *Metodología Buchanan*: Recuperado de <http://www.es.scribd.com/doc/61329375/35/MÉTODO-DE-BUCHANAN>
- Ruiz, M.E. (1997). *Trastornos de la conducta alimentaria anorexia nerviosa y bulimia nerviosa*
- Paco, M. (2012). *Sistema Experto para el diagnóstico de mal de Chagas*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Sánchez, B. (2013). *Trastorno de la Conducta Alimentaria de 18 a 22 años en las alumnas de la Carrera de Psicología de la Universidad de Tecnológica Intercontinental del año 2013*. Fernando de la Mora, Paraguay.
- Sierra, M. (2005). *La bulimia nerviosa y sus subtipos*. Universidad Santo Tomás, Colombia.
- Sistemas expertos y lógica difusa. (16 de noviembre de 2015). Obtenido de *Sistemas expertos y lógica difusa*: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo2.pdf
- Stuart, J. Russell y Norvig (1996). *Inteligencia artificial un enfoque moderno*: Prentice Hall. México.

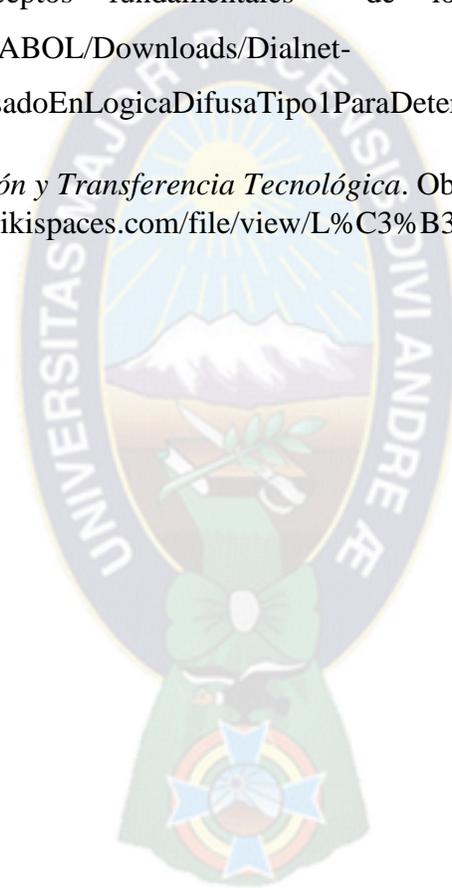
Tejeda, A.S. (2015). *Sistema experto para detectar e informar sobre abuso sexual infantil y adolescente*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Valencia, (2016). *Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de trastornos del espectro autista en niños y adolescentes basado en lógica difusa CASO:CEREFÉ*, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Verdun, J. D. (2009). *Metodología para el desarrollo de Sistemas Expertos*.

Zadeh, L. (2009). Conceptos fundamentales de lógica difusa. Obtenido de file:///C:/Users/UDABOL/Downloads/Dialnet-SistemaExpertoBasadoEnLogicaDifusaTipo1ParaDetermi-4888849.pdf

Zadeh, L. (2009). *Innovación y Transferencia Tecnológica*. Obtenido de Lógica difusa: <https://logicadifusa-unal.wikispaces.com/file/view/L%C3%B3gica+Difusa.pdf>



ANEXOS



CARACTERÍSTICAS DE LA BULIMIA NERVIOSA SEGÚN DSM-IV

- A. Episodios recurrentes de hiperfagia incontrolada que consisten en :
 - I. ingesta alimentaria en un breve lapso de menos de dos horas de una cantidad de comida considerablemente superior a la que mayor parte de las personas ingeridas al mismo tiempo y en iguales circunstancias.
 - II. La impresión de no tener control sobre las cantidades que se ingieren, ni la posibilidad de detenerse.
- B. El sujeto pone en práctica comportamientos compensatorios con objeto de evitar el aumento de peso (vómitos provocados ,ingesta de laxantes ayuno, excesivo)
- C. Los episodios de hiperfagia incontrolada y los comportamientos compensatorios para prevenir el aumento de peso tienen lugar, en promedio, dos veces a la semana durante por lo menos tres meses.
- D. el juicio que hace de sí mismo se encuentra indebidamente influido por la forma y el peso del cuerpo.
- E. El trastorno no se presenta en el transcurso de una anorexia normal.

GLOSARIO

TÉRMINOS UTILIZADOS EN LA BULIMIA

AYUNAR: Abstenerse total o parcialmente de comer o beber

ANSIEDAD: Estado de agitación, inquietud o zozobra del ánimo.

AUTOESTIMA: Valoración generalmente positiva de sí misma.

ATRACON: Ingestión excesiva de comida.

DEPRESIÓN: Síndrome caracterizado por una tristeza profunda y por la inhibición de las funciones psíquicas, a veces con trastornos neurovegetativos.

DESNUTRICIÓN: Falta de sustancias necesarias para el desarrollo y descenso del aporte en calorías, necesario para mantener los procesos vitales del organismo.

ANSIEDAD: Angustia que suele acompañar a muchas enfermedades en particular a ciertas neurosis y que no permite sosiego a los enfermos.

LAXANTE: Medicamento que sirve para facilitar la evacuación del vientre.

ANEMIA: Es un trastorno frecuente de la sangre que ocurre cuando la cantidad de glóbulos rojos es menor que la normal, o cuando la concentración de hemoglobina en la sangre es .La hemoglobina es una proteína que se encuentra dentro de los glóbulos rojos y que trasporta el oxígeno.

DIURÉTICOS: Son medicamentos que elevan la tasa de excreción de orina corporal, por tanto, reducen la cantidad de sal y líquidos en el organismo, lo cual ayudan a reducir la presión arterial .Algunos diuréticos se usan para tratar el paro cardiaco, cirrosis de hígado, hipertensión y ciertas enfermedades de riñón, generalmente suelen utilizar las anoréxicas y bulímicas.

EDEMA: Es un hinchazón causado por fluido en tejidos del cuerpo .Aparecen en los pies, tobillos, las piernas incluso en la cara y en las manos.

SOBREPESO: Es una acumulación anormal o excesiva de grasas en el organismo que pueden perjudicar a la salud .Esta enfermedad suele ser más frecuente en las mujeres a partir de los 35 años.

TRASTORNOS ALIMENTARIOS: Son enfermedades crónicas o progresivas, es decir, son enfermedades de larga duración. Y que van degenerando .Estas enfermedades produce síntomas de alteración y distorsión de la auto-imagen corporal, incluso pueden

EJERCICIO FISICO: Actividad física recreativa



DOCUMENTOS