

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



**TESIS DE GRADO**

**“SISTEMA EXPERTO PARA EL SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN DE  
POSTULANTES A RESIDENCIA MÉDICA”**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA

MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

**POSTULANTE: FELIX HUGO MONTES SALAZAR**

**TUTOR METODOLÓGICO: M. SC. ALDO RAMIRO VALDEZ ALVARADO**

**ASESOR: LIC. VICTOR PABLO POZO DIAZ**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2015**



**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

El presente trabajo se la dedico a la persona que me enseñó a ser quien soy, quien siempre estuvo apoyándome durante toda mi carrera hasta la culminación de la misma, quien fue una fuente inagotable de amor y cariño durante toda mi vida; Este trabajo se la dedico a mi mamá Elizabeth Salazar, por brindarme confianza, comprensión, consejos, paciencia, oportunidad, recursos y sobre todo palabras de aliento.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por darme la oportunidad de alcanzar una de mis metas y permitirme tener el privilegio de aprender y conocer nuevas cosas día tras día.

Agradezco a mi Tutor **M. Sc. Aldo Ramiro Valdez Alvarado** y a mi asesor **Lic. Victor Pablo Pozo Diaz** por haberme brindado la colaboración y el tiempo necesario para la conclusión de esta investigación.

Agradezco a todos los docentes de la carrera de Informática, quienes alguna vez me brindaron el conocimiento suficiente y que gracias a las mismas pude culminar mi presente trabajo.

Agradezco a las pocas personas que puedo llamar amigos dentro de la carrera, quienes de alguna forma estuvieron colaborándome con ideas, sugerencias y sobre todo ánimos.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y más de mi tesis, por permitir a mis experiencias, investigaciones y conocimientos, incurrir dentro de su repertorio de información.

## RESUMEN

La finalidad del presente trabajo es la del desarrollo de un Sistema Experto cuyo objetivo es el de sugerir de forma correcta especialidades en las cuales puede optar un postulante a residencia médica.

Este sistema podrá ser utilizada por un psicólogo que realice el test a un estudiante de medicina o a todo aquel profesional en el área que desee conocer en función a sus capacidades, actitudes y aptitudes; la o las áreas a las que podría postular. Los resultados que podrán visualizar en un orden, dependiendo de los datos ingresados, son: alergia e inmunología, anestesiología, cirugía de colon y recto, dermatología, medicina de emergencia, medicina familiar, medicina interna general, cardiología, endocrinología y metabolismo, gastroenterología, hematología, infectología, oncología médica, nefrología, neumología, reumatología, neurocirugía, neurología, obstetricia y ginecología, oftalmología, traumatología, otorrinolaringología - cirugía de cabeza y cuello, patología, pediatría, medicina física y rehabilitación, cirugía plástica, psiquiatría, radiología diagnóstica, cirugía general, cirugía torácica y urología.

El presente trabajo, trata de introducir al lector tanto en la Inteligencia Artificial de lo cual es parte la lógica difusa, como en las áreas de la elección a una especialidad médica que existen y explica los pasos seguidos para la consecución de la aplicación desarrollando el Sistema Experto sus etapas correspondientes las cuales van asociadas a la metodología Buchanan la cual es la que se utiliza en el presente trabajo.

La adquisición del conocimiento se realiza recogiendo datos de diferentes fuentes de información acerca del tema tratado, usando tipo de material y formas, tanto medios de entrevistas estructuradas como no estructuradas, así como por documentación encontrada haciendo referencia al tema.

Y por último, contrastar los resultados de la aplicación terminada, con resultados realizados que corresponden a la realidad. La cual ha sido realizada satisfactoriamente

## ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.2	ANTECEDENTES .....	2
1.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
1.3.1	PROBLEMA CENTRAL.....	5
1.4	OBJETIVOS .....	5
1.4.1	OBJETIVO GENERAL .....	5
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
1.5	HIPÓTESIS.....	6
1.6	VARIABLES .....	6
1.7	JUSTIFICACIÓN .....	6
1.7.1	JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	6
1.7.2	JUSTIFICACIÓN SOCIAL .....	7
1.7.3	JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA.....	7
1.8	LIMITES Y/O ALCANCES.....	7
1.8.1	LIMITES .....	7
1.8.2	ALCANCES .....	7
1.9	METODOLOGÍA .....	8
2.	MARCO TEÓRICO.....	10
2.1	INTELIGENCIA ARTIFICIAL .....	10
2.2	SISTEMAS EXPERTOS .....	11
2.2.1	INTRODUCCIÓN A SISTEMAS EXPERTOS .....	11
2.2.2	GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS .....	13
2.2.2.1	¿QUÉ SON LOS SISTEMAS EXPERTOS?.....	13
2.2.2.2	LOS EXPERTOS HUMANOS.....	14
2.2.2.3	DIFERENCIAS ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN PROGRAMA TRADICIONAL.....	15
2.2.3	ARQUITECTURA BÁSICA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS .....	16
2.2.3.1	BASE DE CONOCIMIENTOS .....	17
2.2.3.2	BASE DE HECHOS (MEMORIA DE TRABAJO).....	17
2.2.3.3	MOTOR DE INFERENCIA.....	17

2.2.3.4	SUBSISTEMA DE EXPLICACIÓN.....	18
2.2.3.5	INTERFAZ DE USUARIO .....	18
2.2.4	LENGUAJES PARA SISTEMAS EXPERTOS .....	18
2.2.4.1	CLIPS.....	18
2.2.4.2	PROLOG.....	19
2.2.4.3	SMALLTALK .....	19
2.2.4.4	PHP-PHLIPS.....	20
2.2.5	CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS .....	20
2.3	METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE BUCHANAN .....	25
2.3.1	INTRODUCCIÓN.....	25
2.3.2	ETAPAS DE LA METODOLOGÍA BUCHANAN .....	26
2.3.2.1	IDENTIFICACIÓN .....	26
2.3.2.2	CONCEPTUALIZACIÓN.....	26
2.3.2.3	FORMALIZACIÓN .....	27
2.3.2.4	IMPLEMENTACIÓN.....	28
2.3.2.5	VALIDACIÓN O TESTEO.....	29
2.3.2.6	REVISIÓN DEL PROTOTIPO .....	29
2.4	LÓGICA DIFUSA.....	30
2.4.1	INTRODUCCIÓN.....	30
2.4.2	TEORÍA DE CONJUNTOS DIFUSOS .....	31
2.4.2.1	CONJUNTOS DIFUSOS.....	31
2.4.3	FUNCIÓN DE PERTENENCIA.....	32
2.4.4	OPERACIONES ELEMENTALES CON CONJUNTOS DIFUSOS.....	36
2.4.4.1	INFERENCIA DIFUSA .....	36
2.4.4.2	REGLAS DIFUSAS .....	37
2.4.4.3	IMPLICACIÓN DIFUSA.....	38
2.4.5	SISTEMA DE TIPO MAMDANI.....	38
2.4.5.1	FUZZIFICACIÓN DE LAS ENTRADAS .....	39
2.4.5.2	MECANISMOS DE INFERENCIA DIFUSA .....	40
2.4.5.3	BASE DE REGLAS DIFUSAS.....	41
2.4.5.4	DEFUZZIFICACIÓN.....	41

2.5	ESPECIALIDAD MEDICA .....	43
2.6	RESIDENCIA MEDICA EN BOLIVIA .....	44
2.7	CLASIFICACIÓN DE ESPECIALIDADES EN LA MEDICINA.....	45
3.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	52
3.1	DESCRIPCIÓN DEL MODELO .....	52
3.2	METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA .....	53
3.2.1	IDENTIFICACIÓN .....	53
3.2.2	CONCEPTUALIZACIÓN .....	55
3.2.2.1	ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	55
3.2.2.2	CONOCIMIENTO ABSTRACTO.....	55
3.2.2.3	BASE DE HECHOS .....	56
3.2.3	FORMALIZACIÓN .....	62
3.2.3.1	BASE DE CONOCIMIENTO .....	62
3.2.3.2	DEFINICIÓN Y CODIFICACIÓN DE VARIABLES .....	62
3.2.3.3	MOTOR DE INFERENCIA.....	67
3.2.3.4	FUZZIFICACIÓN DE LAS VARIABLES LINGÜÍSTICAS DE ENTRADA .....	67
3.2.3.5	DESARROLLO DE REGLAS .....	69
3.2.3.6	DEFUZZIFICACIÓN DE LAS VARIABLES LINGÜÍSTICAS DE ENTRADA .....	76
3.2.4	IMPLEMENTACIÓN .....	79
3.2.5	PROTOTIPO .....	80
4.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS .....	83
4.1	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	83
4.1.1	TESTEO .....	83
4.2	REVISIÓN DEL PROTOTIPO .....	87
4.3	DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	88
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	91
5.1	CONCLUSIONES.....	91
5.2	RECOMENDACIONES.....	92
	BIBLIOGRAFÍA .....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Primeros Sistemas Expertos y sus Aplicaciones .....	12
Tabla 2.2 Diferencias entre un Sistema Experto y un Programa Tradicional .....	16
Tabla 3.1 Variables Lingüísticas .....	67
Tabla 3.2 Funciones de Pertenencia .....	69
Tabla 4.1 Resultado del Sistema Experto y Experto Humano .....	86
Tabla 4.2 Obtención de Resultados .....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Arquitectura de un Sistema Experto .....	16
Figura 2.2 Modelo de ciclo de vida propuesto por Buchanan .....	25
Figura 2.3 Etapas de la elaboración de un Sistema Experto.....	29
Figura 2.4 Elementos de un Conjunto Difuso .....	31
Figura 2.5 Función Triangular.....	33
Figura 2.6 Función Trapezoidal.....	34
Figura 2.7 Función Gamma.....	34
Figura 2.8 Función Sigmoidal .....	35
Figura 2.9 Función Gamma.....	35
Figura 2.10 Sistema Difuso Mamdani, Procesamiento General.....	39
Figura 2.11 Reglas en la base de conocimientos .....	41
Figura 3.1 Estructura del Sistema Experto para la evaluación a Residentes Médicos .....	52
Figura 3.2 Componentes que intervienen en el desarrollo del Sistema Experto .....	54
Figura 3.3 Adquisición del Conocimiento.....	55
Figura 3.4 Representación de la clasificación de Especialidades Medicas .....	56
Figura 3.5 Función de Membresía.....	68
Figura 3.6 Pantalla Principal del Sistema Experto .....	80
Figura 3.7 Pantalla de la primera pregunta.....	80
Figura 3.8 Pantalla de la décima cuarta pregunta.....	81
Figura 3.9 Pantalla de la décima sexta pregunta .....	81
Figura 3.10 Pantalla de la última pregunta.....	82
Figura 3.11 Pantalla de resultados.....	82
Figura 4.1 Regla de los datos al Sistema Experto .....	87

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES GENERALES

# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Se considera a alguien un experto en un problema cuando este individuo tiene conocimiento especializado sobre dicho problema. En el área de los Sistemas Expertos (SE<sup>1</sup>) a este tipo de conocimiento se lo denomina conocimiento sobre el dominio. La palabra dominio se usa para enfatizar que el conocimiento pertenece a un problema específico.

Una de las ramas de la inteligencia artificial son los sistemas expertos los cuales requieren de elementos para simular el comportamiento de un experto humano, la lógica difusa, la inferencia y la heurística son la manera en que los sistemas informáticos simulan el comportamiento de un humano, obteniendo conclusiones y realizando acciones lógicas como lo haría un ser humano basándose en las experiencias de los conocimientos de un experto humano.

La principal ventaja de la utilización de un sistema experto como medio para el aprendizaje de las ciencias exactas consiste en el manejo de experiencias ya que son permanentes y fáciles de transmitir, la información es consistente y ofrece resultados confiables a bajo costo.

Un sistema experto tiene la capacidad de tomar decisiones basándose en una base de datos de conocimiento lo cual es adquirido mediante una serie de preguntas, entrevistas y documentación que se obtiene de un experto humano teniendo por seguro que en base a los datos obtenidos, el sistema experto será capaz de tomar decisiones, razonando como lo haría un experto humano, de igual manera tiene la capacidad de inferir acerca de situaciones eligiendo la mejor solución, y aún más en base al conocimiento adquirido

---

<sup>1</sup> SE, Sistemas Expertos Programa de inteligencia artificial diseñado para resolver problemas o tomar decisiones en un ámbito determinado de modo análogo al razonamiento humano.

utiliza la lógica difusa en el procesamiento de información, lo cual quiere decir, que tiene la capacidad de mostrar inteligencia, no obstante a ser inteligencia artificial.

El optar por una especialidad médica, sin duda es un momento importante para el postulante a residencia. El principal impedimento para la toma de decisiones parece ser la falta de información que los estudiantes de cuarto año incluso médicos tienen sobre sí mismos y las especialidades. Los postulantes a residencia deben saber que tendrán que elegir una especialidad y estar dispuestos a buscar oportunidades para comparar sus propias preferencias, intereses y talentos con los de los médicos en ejercicio de las distintas especialidades. En primer lugar, los estudiantes de medicina tienen que aprender a ser buenos médicos, independientemente de la especialidad que en última instancia va a seleccionar. [Taylor. 2013]

La propuesta de diseñar un sistema experto tiene como finalidad proveer una herramienta que permita al postulante a Residencia Médica optar por una de las áreas de especialidad dentro de la medicina, según ciertos rasgos de su personalidad; sus capacidades, aptitudes y actitudes, permitiendo posteriormente que el estudiante realice por su parte un seguimiento de estudios a dichas especialidades.

La investigación que se plantea en este trabajo propone el estudio de reglas de inferencia y desarrollo de un Sistema Experto, para la evaluación de las aptitudes de los postulantes a residencia médica.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Los Sistemas Expertos como tales, surgen a mediados de los años sesenta; en esos tiempos, se creía que bastaban unas pocas leyes de razonamiento junto con potentes ordenadores para producir resultados brillantes. Los primeros investigadores que desarrollaron programas basados en leyes de razonamiento desarrollaron el GPS (General Problem Solver). Este sistema era capaz de resolver problemas como el de las torres de Hanoi y

otros similares, a través de la criptoaritmética<sup>2</sup>. Sin embargo, este programa no podía resolver problemas más “cotidianos” y reales, como, por ejemplo, dar un diagnóstico médico.

Entonces algunos investigadores cambiaron el enfoque del problema: ahora se dedicaban a resolver problemas sobre un área específica intentando simular el razonamiento humano. En vez de dedicarse a computarizar la inteligencia general, se centraron en dominios de conocimiento muy concretos. De esta manera nacieron los Sistemas Expertos.

Actualmente existen numerosas investigaciones sobre Sistemas Expertos para la evaluación de casos particulares como ser, la selección de recursos humanos, analizador de resultados obtenidos luego de la implantación de un sistema, e incluso existen algunos productos comerciales que implementan una solución utilizando un Sistema Experto.

Se realizó la investigación de trabajos realizados en la carrera de Informática, de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) de los cuales se citan los siguientes:

- “Sistema Experto para el diagnóstico de estrés utilizando lógica difusa” por Clemente Quispe Sillo, 2006.

Desarrollo un Sistema Experto cuyo objetivo es el diagnóstico de estrés utilizando lógica difusa, que sea utilizado por un profesional experto en el tratamiento de estrés.

- “Sistema Experto para el diagnóstico de problemas de aprendizaje de niños en matemáticas” por Soliz Lopez Eduardo Karina, 2008

Desarrollo un Sistema Experto cuyo objetivo es detectar los problemas de aprendizaje en matemáticas (discalculia) en niños de 6 y 7 años que logra diagnosticar oportunamente las dificultades en el aprendizaje y ayudar a mejorar su rendimiento en el área.

---

<sup>2</sup> Un criptoaritmético o criptoaritmético es un tipo de rompecabezas consistente en una ecuación con números desconocidos cuyos dígitos se representan con letras.

- “Sistema Experto para la selección de recursos humanos basados en un test Psicológico” por Gisela Heydi Carita Rodriguez, 2012  
Desarrollo de un Sistema Experto cuyo objetivo es mejorar el proceso de selección de recursos humanos basados en un test psicológico.
- “Sistema Experto para el diagnóstico de trastornos depresivos basados en lógica difusa” por Ana Guadalupe Salas Gonzales, 2012  
Desarrollo de un Sistema Experto cuyo objetivo es el diagnosticar de forma correcta el tipo de trastorno depresivo de un paciente.

Entre otros trabajos fuera de la carrera de Informática se pueden citar los siguientes:

- Sistema Experto Para El Apoyo Del Proceso De Orientación Vocacional Para Las Carreras De Ingeniería En La Pontificia Universidad Católica Del Perú por Tapia Castillo Jackeline, 2009.  
Desarrollo un Sistema Experto el cual diagnostica las diferentes carreras profesionales que un adolescente puede estudiar midiendo las características más importantes.
- “Sistema Experto Inteligente para el Aprendizaje de Estructuras de Datos Arborescentes”, por Kangmin Lee Song, Beatriz Martin San Juan, Christian Morales Peña, curso 2011 – 2012

Busca ofrecer un sistema de aprendizaje eficaz y de fácil uso de dos tipos de estructuras de datos arborescentes, arboles rojinegros, así como sentar las bases para futuras ampliaciones del repertorio básico de esta clase de estructuras. La herramienta desarrollada pone a disposición dos modos de uso. Un modo estudiante, en el que el estudiante podrá construir sus propias estructuras arborescentes y un modo profesor, en el que se podrá gestionar la batería de preguntas y tests ya existentes, Facultad de Informática Universidad Complutense de Madrid en España.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Cada año el Ministerio de Salud emite una convocatoria pública dirigida a todos aquellos profesionales médicos a nivel nacional que deseen realizar alguna especialidad; en base al requerimiento de las Instituciones en las cuales existe Residencia Médica. Los postulantes a menudo tienen ideas vagas sobre el proceso de convertirse en un médico especialista, sin tomar en cuenta las aptitudes, actitudes y capacidades que tiene cada persona.

#### **1.3.1 PROBLEMA CENTRAL**

¿Cómo se podría apoyar el proceso de elección de una especialidad para los postulantes a residencia médica, evaluando objetivamente las características más importantes?

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un prototipo de Sistema Experto, que permita evaluar las capacidades, aptitudes y actitudes de aquellos postulantes a Residencia Médica, permitiendo posteriormente que el estudiante realice un seguimiento de estudios en dichas especialidades.

#### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Formalizar el conocimiento y razonamiento del experto, utilizando lógica difusa.
- Aplicar las metodologías más apropiadas para el desarrollo del Sistema Experto.
- Implementar la base de conocimientos y desarrollo del motor de inferencia.
- Realizar un test para optar por una especialidad médica.
- Desarrollar una interfaz fácil de usar por el usuario.

- Desarrollar un prototipo e implementación del sistema experto capaz de evaluar sus capacidades, aptitudes y actitudes, permitiendo posteriormente que el estudiante realice un seguimiento de estudios a dichas especialidades.

## 1.5 HIPÓTESIS

La lógica difusa permite al sistema experto sugerir al postulante a Residencia Médica, sobre la especialidad en la que podría optar; con un nivel de confiabilidad del 95%.

## 1.6 VARIABLES

El tipo de investigación a realizarse es Descriptiva, Experimental y Aplicada, describiendo a continuación las variables independientes y dependientes:

- Variable Independiente: Sistema Experto para sugerir sobre las diferentes áreas que un postulante puede optar.
  - ✓ Indicador: Potencialidad en alguna área.
  - ✓ Instrumento: Modelo probabilístico.
  - ✓ Valor: Cuantitativo.
- Variable Dependiente: Nivel de confiabilidad en función a los resultados obtenidos.
  - ✓ Indicador: Comparación de resultados obtenidos entre el sistema experto y el experto humano.
  - ✓ Valor: Cualitativo

## 1.7 JUSTIFICACIÓN

### 1.7.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El beneficio económico que proporciona con un Sistema Experto que realice una evaluación a las capacidades, actitudes y aptitudes, sería favorable de gran manera, al proporcionar a todos los postulantes a residencia (especialmente a aquellos con bajos

recursos) una alternativa gratuita y de calidad que permita sugerir al postulante una especialidad médica por la cual podría optar.

### **1.7.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

Se pretende que el sistema experto ayude principalmente a los postulantes a residencia médica y estudiantes de último año de medicina, brindándole una sugerencia de las áreas de la medicina a las que podrían postular.

### **1.7.3 JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA**

La búsqueda de nuevas soluciones genera nuevos conocimientos y por consiguiente surgen distintas alternativas, para dar soluciones a problemas específicos. En este contexto el modelo de sistema experto propuesto, se presenta como una nueva opción que integra ciencia y tecnología, contribuyendo así al avance de la informática en la Psicología y la Medicina. Además promoverá futuras investigaciones en el área de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial aplicada a los test de evaluación.

## **1.8 LIMITES Y/O ALCANCES**

### **1.8.1 LIMITES**

- Solo se abordara en el contexto de áreas o especialidades en la medicina.
- El presente trabajo se limita a sugerir determinadas áreas médicas a las que un postulante a residencia médica puede optar.
- El prototipo será desarrollado solo para PHP.

### **1.8.2 ALCANCES**

- El sistema experto brindara un listado ordenado de áreas a las que podría optar un postulante a residencia, de manera rápida; una vez introducidos los datos necesarios.

- El sistema abarcará a todos aquellos postulantes nacionales a residencia médica.
- Se realizarán pruebas a todos aquellos postulantes predispuestos a utilizar el software.
- Con el conocimiento del experto humano se diseñará el sistema experto de tal manera que permita la construcción del prototipo del sistema, lo que favorece al área de Psicología y la Inteligencia Artificial.

## 1.9 METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente trabajo se empleará el Método Científico. Que tiene los siguientes pasos: [Balzer, 1997]:

- Observación  
Consiste en el estudio de un fenómeno que se produce en sus condiciones naturales. La observación debe ser cuidadosa, exhaustiva y exacta.
- Identificación del Problema  
A partir de la observación surge la identificación del problema que se va a estudiar lo que lleva a emitir alguna hipótesis.
- Hipótesis  
Suposición provisional de la que se intenta extraer una consecuencia. Una hipótesis confirmada se puede convertir en una ley científica que establezca una relación entre dos o más variables, y al estudiar un conjunto de leyes se puede hallar algunas regularidades entre ellas que den lugar a unos principios generales con los cuales se construye una teoría.

- Experimentación

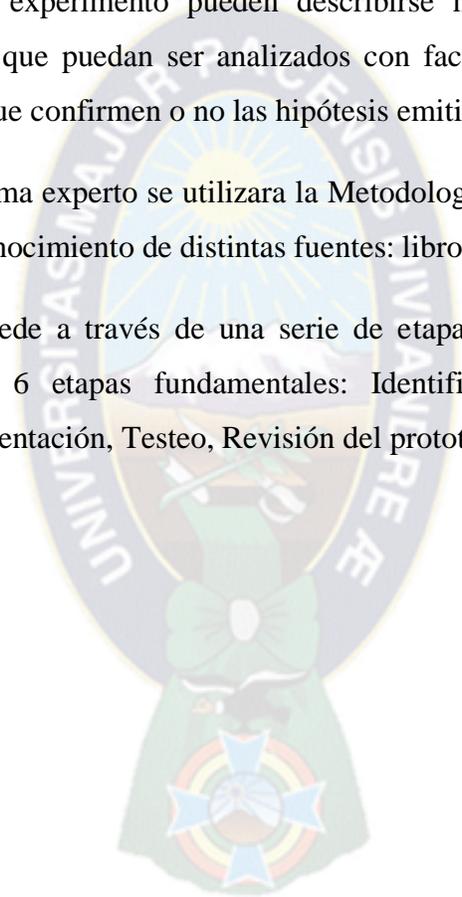
Consiste en el estudio de un fenómeno, en las condiciones particulares de estudio que interesan, eliminando o introduciendo aquellas variables que puedan incluir en él. Se entiende por variable a todo aquello que pueda causar cambios en los resultados de un experimento y se distinguen entre variables independientes, dependientes y controlada.

- Resultados

Los resultados de un experimento pueden describirse mediante tablas, gráficos y ecuaciones de manera que puedan ser analizados con facilidad y permitan encontrar relaciones entre ellos que confirmen o no las hipótesis emitidas.

Para el diseño del sistema experto se utilizara la Metodología de Buchanan que se basa en la adquisición de conocimiento de distintas fuentes: libros y expertos.

Esta metodología procede a través de una serie de etapas para producir un sistema experto. Se destacan 6 etapas fundamentales: Identificación, Conceptualización, Formalización, Implementación, Testeo, Revisión del prototipo. [Martínez, 2009]



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

La inteligencia artificial (IA) es una de las ramas de la Informática, con fuertes raíces en otras áreas como la lógica y las ciencias cognitivas. Como veremos a continuación, existen muchas definiciones de lo que es la inteligencia artificial. Sin embargo, todas ellas coinciden en la necesidad de validar el trabajo mediante programas. H. A. uno de los padres de la IA, nos sirve de ejemplo, pues afirmó, en un artículo en 1995, que «el momento de la verdad es un programa en ejecución». Las definiciones difieren en las características o propiedades que estos programas deben satisfacer.

La inteligencia artificial nace en una reunión celebrada en el verano de 1956 en Dartmouth (Estados Unidos) en la que participaron los que más tarde han sido los investigadores principales del área. Para la preparación de la reunión, J. McCarthy, M. Minsky, N. Rochester y C. E. Shannon redactaron una propuesta en la que aparece por primera vez el término «inteligencia artificial». Parece ser que este nombre se dio a instancias de J. McCarthy.

La propuesta citada más arriba de la reunión organizada por J. McCarthy y sus colegas incluye la que puede considerarse como la primera definición de inteligencia artificial. El documento define el problema de la inteligencia artificial como aquel de construir una máquina que se comporte de manera que si el mismo comportamiento lo realizara un ser humano, este sería llamado inteligente.

Existen, sin embargo, otras definiciones que no se basan en el comportamiento humano. Son las cuatro siguientes.

1. Actuar como las personas. Esta es la definición de McCarthy, donde el modelo a seguir para la evaluación de los programas corresponde al comportamiento humano. El llamado Test de Turing (1950) también utiliza este punto de vista. El sistema Eliza, un bot (programa software) conversacional es un ejemplo de ello.

2. Razonar como las personas. Lo importante es cómo se realiza el razonamiento y no el resultado de este razonamiento. La propuesta aquí es desarrollar sistemas que razonen del mismo modo que las personas. La ciencia cognitiva utiliza este punto de vista.

3. Razonar racionalmente. En este caso, la definición también se focaliza en el razonamiento, pero aquí se parte de la premisa de que existe una forma racional de razonar. La lógica permite la formalización del razonamiento y se utiliza para este objetivo.

4. Actuar racionalmente. De nuevo el objetivo son los resultados, pero ahora evaluados de forma objetiva. Por ejemplo, el objetivo de un programa en un juego como el ajedrez será ganar. Para cumplir este objetivo es indiferente la forma de calcular el resultado.

Además de las definiciones mencionadas, hay aún otra clasificación de la inteligencia artificial según cuáles son los objetivos finales de la investigación. [Rolston, 1998]

## **2.2 SISTEMAS EXPERTOS**

### **2.2.1 INTRODUCCIÓN A SISTEMAS EXPERTOS**

Se considera a alguien un experto en un problema cuando este individuo tiene conocimiento especializado sobre dicho problema. En el área de los (SE) a este tipo de conocimiento se le llama conocimiento sobre el dominio. La palabra dominio se usa para enfatizar que el conocimiento pertenece a un problema específico. [Samper, 2004]

Antes de la aparición del ordenador, el hombre ya se preguntaba si se le arrebataría el privilegio de razonar y pensar. En la actualidad existe un campo dentro de la inteligencia artificial al que se le atribuye esa facultad: el de los sistemas expertos (SE). [Samper, 2004]

Estos sistemas también son conocidos como Sistemas Basados en Conocimiento, los cuales permiten la creación de máquinas que razonan como el hombre, restringiéndose a un espacio de conocimientos limitado. En teoría pueden razonar siguiendo los pasos que seguiría un experto humano (médico, analista, empresario y otros) para resolver un problema concreto. [Samper, 2004]

Este tipo de modelos de conocimiento por ordenador ofrece un extenso campo de posibilidades en resolución de problemas y en aprendizaje. Su uso se extenderá ampliamente en el futuro, debido a su importante impacto sobre los negocios y la industria. Una característica adicional deseable, y a veces fundamental, es que el sistema es capaz de justificar su propia línea de razonamientos de forma inteligente por el usuario. [Samper, 2004]

Lo que se intenta, de esta manera, es representar los mecanismos heurísticos que intervienen en un proceso de descubrimiento. Estos mecanismos forman ese conocimiento difícil de expresar que permite que los expertos humanos sean eficaces calculando lo menos posible. Los sistemas expertos contienen ese "saber hacer".

Una característica adicional deseable, y a veces fundamental, es que el sistema sea capaz de justificar su propia línea de razonamiento de forma inteligible por el usuario.

SISTEMA	FECHA	AUTOR	APLICACIÓN
DENDRAL	1965	Stanford	Deduce información sobre estructuras químicas
HEARSAY	1965	Carnegie-Mellon	Interpreta en lenguaje natural un subconjunto de idioma
MYCIN	1972	Stanford	Diagnóstico de enfermedades de la sangre
TIERESIAS	1972	Stanford	Herramienta para la transformación de conocimientos
PROSPECTOR	1972	Stanford	Exploración mineral y herramientas de identificación
AGE	1973	Stanford	Herramienta para generar Sistemas Expertos
OPS5	1974	Carnegie-Mellon	Herramienta para desarrollo de Sistemas Expertos
CADUCEUS	1975	Of Pittsburg	Herramienta de diagnóstico para medicina interna
ROSIE	1978	Rand	Herramienta de desarrollo de Sistema Experto
R1	1978	Carnegie-Mellon	Configurador de equipos de computación para DEC

Tabla 2.1 Primeros Sistemas Expertos y sus Aplicaciones

Fuente: Giarratano, 2005

## **2.2.2 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS**

### **2.2.2.1 ¿QUÉ SON LOS SISTEMAS EXPERTOS?**

Desde su aparición, a mediados de 1960, los Sistemas Expertos se han definido como aquellos programas que se basan en el conocimiento y tratan de imitar el razonamiento de un experto para resolver un problema de un tópico definido. Su comportamiento se basa generalmente en reglas, es decir, se basa en conocimientos previamente definidos, y mediante estos conocimientos, los SE son capaces de tomar decisiones. Sería ilógico que solo existe una definición de Sistemas Expertos, ya que tanto los SE como la propia IA han ido evolucionando a la par a través de los años.

En el congreso Mundial de Inteligencia Artificial Feigenbaum ha definido a los SE como:

Un programa de computadora inteligente que usa conocimiento y procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir la interpretación de un experto humano para su resolución.

Sin embargo con los avances conseguidos hasta ahora esta definición ha cambiado, actualmente un SE define de la siguiente manera:

Un Sistema Experto es un sistema informático que simula los procesos de aprendizaje, memorizando, razonamiento, comunicación y acción de un experto humano en una determinada rama de la ciencia, suministrando, de esta forma, un consultor que puede sustituirle con unas ciertas garantías de éxito.

Los Sistemas Expertos permiten el desarrollo de otros sistemas que representan el conocimiento como una serie de reglas. Las distintas relaciones, conexiones y afinidades sobre un tema pueden ser compiladas en un Sistema Experto pudiendo incluir relaciones altamente complejas y con múltiples interacciones.

Las características mencionadas en las definiciones anteriores le permiten a un Sistema Experto almacenar datos y conocimientos, obtener conclusiones lógicas, ser capaces de

tomar decisiones, aprender, comunicarse con expertos humanos o con otros Sistemas Expertos, explicar el razonamiento de su decisión y realizar acciones como consecuencia de todo lo anterior.

Un problema se presta a ser resuelto usando un Sistema Experto cuando:

Una solución del problema tiene una rentabilidad tan alta que justifica el desarrollo de un sistema, pues las soluciones son necesidades del área y no se han trabajado en otros métodos para obtenerlas.

El problema puede resolverse solo por un conocimiento experto que puede dar forma al conocimiento necesario para resolver el problema, y la intervención del experto dará al sistema la experiencia que necesita.

El problema puede resolverse solamente por un conocimiento experto en vez de usar algoritmos particulares.

Se tiene acceso a un experto que puede dar forma a los conocimientos necesarios para resolver el problema. La intervención de este experto dará al sistema la experiencia que necesita.

El problema cambia rápidamente, o bien el conocimiento es el que cambia rápidamente, o sus soluciones son las que cambian constantemente.

El desarrollo de un Sistema Experto no se considera que está acabado una vez que funciona este, sino que continúa desarrollando y actualizando tanto el conocimiento del sistema como los métodos de procesamiento, quedando reflejados los progresos o modificaciones en el campo, área o sistema. [Velásquez, 2005]

### **2.2.2.2 LOS EXPERTOS HUMANOS**

Un experto humano es una persona que es competente en un área determinada del conocimiento o del saber. Un experto humano es alguien que sabe mucho sobre un tema

determinado y que puede dar un consejo adecuado. Esta experiencia solo se adquiere tras un largo aprendizaje y a base de mucha experiencia. Los expertos humanos tienen las siguientes características generales:

Son caros por dos motivos: por su escaso número y por necesitar un largo periodo de aprendizaje.

No están siempre disponibles, pues son humanos y cuando se jubilan o mueren se llevan con ellos todos sus conocimientos. Es por eso que tradicionalmente están acompañados de un “aprendiz”.

Existen expertos que tienen mal carácter, son informales o poco comunicativos, lo que a veces les hace antipáticos.

La forma más rápida de formar a un experto es mediante el aprendizaje formal o académico (“conocimiento profundo”) en un principio, y posteriormente un aprendizaje informal o práctico (“conocimiento informal”). [Velásquez, 2010]

### **2.2.2.3 DIFERENCIAS ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN PROGRAMA TRADICIONAL**

El uso de heurísticas contribuye de gran manera a la potencia y flexibilidad de los Sistemas Expertos y tienen a distinguirlos aún más del software tradicional. Algunas ventajas que posee un Sistema Experto comparado con un Programa Tradicional o Convencional, se las puede observar en la *Tabla 2.2*.

	SISTEMA EXPERTO	PROGRAMA TRADICIONAL
CONOCIMIENTO	En programa e independiente	En programa y circuitos
TIPOS DE DATOS	Simbólicos	Numéricos
RESOLUCIÓN	Heurística	Combinatoria
DEF. PROBLEMA	Declarativa	Procedimental

CONOCIMIENTOS	Imprecisos	Precisos
MODIFICACIONES	Frecuentes	Raras
EXPLICACIONES	Si	No
SOLUCIÓN	Satisfactoria	Optima
JUSTIFICACIÓN	Si	No
RESOLUCIÓN	Área limitada	Específico
COMUNICACIÓN	Independiente	En programa

Tabla 2.2 Diferencias entre un Sistema Experto y un Programa Tradicional  
Fuente: [Velásquez, 2010]

### 2.2.3 ARQUITECTURA BÁSICA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

En la Figura 2.1 se muestra la arquitectura de un sistema experto.

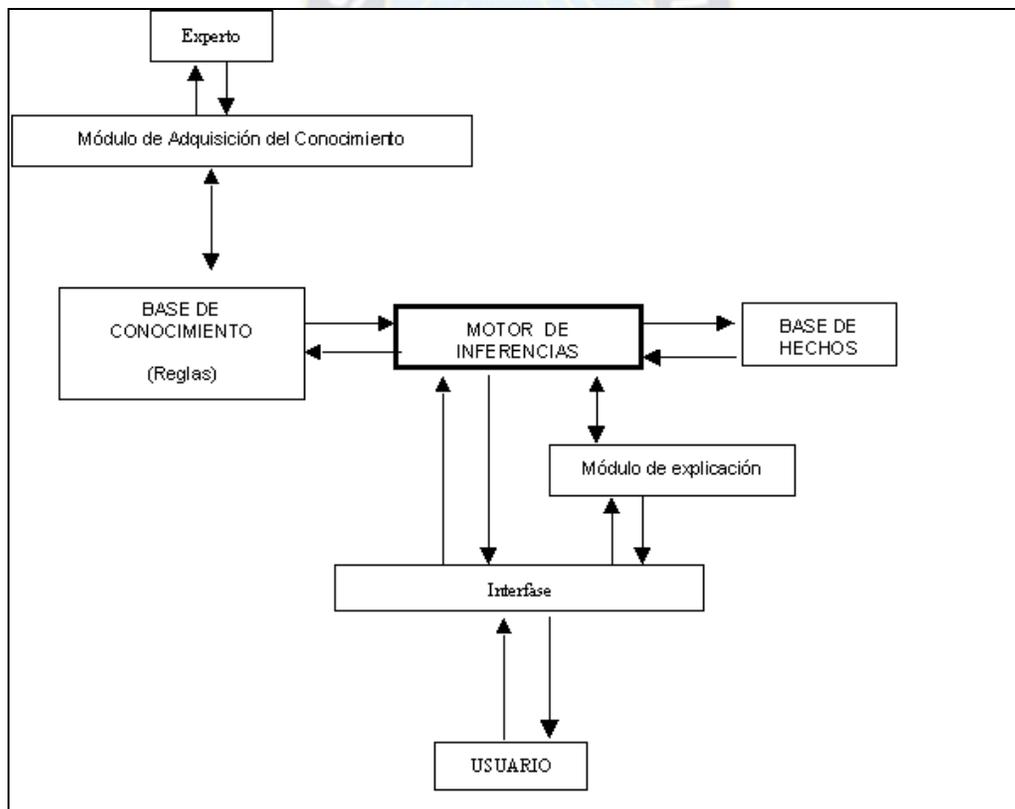


Figura 2.1 Arquitectura de un Sistema Experto  
Fuente: Velásquez, 2010

### **2.2.3.1 BASE DE CONOCIMIENTOS**

En la parte del Sistema Experto que contiene el conocimiento sobre el dominio. Se debe obtener el conocimiento del experto y codificarlo en la base de conocimientos.

Este conocimiento lo constituye la descripción de:

- Objetos a tener en cuenta y sus relaciones.
- Casos particulares o excepciones y deferentes estrategias de resolución con sus condiciones de aplicación (meta-conocimiento, es decir, conocimiento sobre el conocimiento).

### **2.2.3.2 BASE DE HECHOS (MEMORIA DE TRABAJO)**

Contiene los hechos sobre un problema que se ha descubierto durante una consulta con el Sistema Experto; el usuario introduce la información del problema actual en la base de hechos. El sistema empareja esta información con el conocimiento disponible en la base de conocimientos para deducir nuevos hechos.

### **2.2.3.3 MOTOR DE INFERENCIA**

El sistema experto modela el proceso de razonamiento humano con un módulo conocido como el motor de inferencia. Dicho motor de inferencia trabaja con la información contenida en la base de conocimientos y la base de hechos para deducir nuevos hechos.

Las categorías de Mecanismos de Inferencia son:

1. Determinismo: Lo inferido es una verdad universal, Por ejemplo: el Químico dice con certeza que si un átomo tiene dos electrones, entonces es un átomo de Helio.
2. Probabilístico: Son predicciones o probabilidades que no siempre son ciertas (se elige la probabilidad de mayor valor). Por ejemplo: las respuestas a la prevención de abandonos de los cursos de bachillerato, dadas por un sociólogo son tan solo

probabilidades, que pueden o no ser acertadas. Además de estos tres elementos, se incluyen módulos de interface, indispensables para asegurar el dialogo entre el hombre y la máquina.

#### **2.2.3.4 SUBSISTEMA DE EXPLICACIÓN**

Una característica de los sistemas expertos es su habilidad para explicar su razonamiento. Usando el módulo del subsistema de explicación, un sistema experto puede proporcionar una explicación al usuario de por qué está haciendo una pregunta y como ha llegado a una conclusión. Este módulo proporciona beneficios tanto al diseñador del sistema como al usuario. El diseñador puede usarlo para detectar errores y el usuario se beneficia de la transparencia del sistema.

#### **2.2.3.5 INTERFAZ DE USUARIO**

La interacción entre un sistema experto y un usuario se realiza en lenguaje natural. También es altamente interactiva y sigue el patrón de la conversación entre seres humanos. Un requerimiento básico del interfaz es la habilidad de hacer preguntas. Para obtener información fiable del usuario hay que poner especial cuidado en el diseño de las cuestiones.

Este interface comunica al motor de inferencia las consultas del usuario y a este último los resultados de la consulta. Y a la inversa. Permite, igualmente obtener el enunciado del problema inicial y los objetivos a alcanzar así como la consulta a la base de conocimiento.

### **2.2.4 LENGUAJES PARA SISTEMAS EXPERTOS**

#### **2.2.4.1 CLIPS**

CLIPS es una herramienta que provee un entorno de desarrollo para la producción y ejecución de sistemas expertos. Fue creado a partir de 1984, en el Lyndon B. Johnson Space Center de la NASA.

CLIPS es un acrónimo de C Language Integrated Production System (Sistema de Producción Integrado en Lenguaje C). En la actualidad, entre los paradigmas de programación que soporta CLIPS se encuentran la Programación Lógica, la Programación imperativa y la Programación Orientada a Objetos. CLIPS probablemente es el Sistema Experto más ampliamente usado debido a que es rápido, eficiente y gratuito. Aunque ahora es de dominio público, aunque actualizado y mantenido por su autor original, Gary Riley [Marquez, 1996]

#### **2.2.4.2 PROLOG**

Se trata de un lenguaje de programación ideado a principios de los años 70 en la Universidad de Aix-Marseille I (Marsella, Francia) por los estudiantes modélicos Alain Colmerauer y Philippe Roussel.

Prolog se enmarca en el paradigma de los lenguajes lógicos y declarativos, lo que lo diferencia enormemente de otros lenguajes más populares tales como Fortran, Pascal, C o Java. [Marquez, 1996]

#### **2.2.4.3 SMALLTALK**

Smalltalk es un lenguaje reflexivo de programación, orientado a objetos y con tipado dinámico. Por sus características, Smalltalk puede ser considerado también como un entorno de objetos, donde incluso el propio sistema es un objeto. Metafóricamente, se puede considerar que un Smalltalk es un mundo virtual donde viven objetos que se comunican entre sí, mediante el envío de mensajes.

Un sistema Smalltalk está compuesto por:

- Una Máquina Virtual (Virtual Machine).
- Un archivo llamado “Imagen”, que contiene a todos los objetos del sistema.
- Un lenguaje de programación (también conocido como Smalltalk).
- Una enorme biblioteca de “objetos reusables”.

Y generalmente, un entorno de desarrollo que además puede funcionar como un sistema en tiempo de ejecución. [Marquez, 1996]

#### **2.2.4.4 PHP-PHLIPS**

PHP es un lenguaje de programación de uso general de código del lado del servidor originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. PHP puede ser desplegado en la mayoría de los servidores web y en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin costo alguno. También les permite involucrarse con aplicaciones de contenido dinámico sin tener que aprender todo un nuevo grupo de funciones.

PHLIPS es una extensión que proporciona PHP con una interfaz básica a un entorno CLIPS. Su objetivo es permitir el despliegue de sistemas expertos en PHP. En esta fase inicial de desarrollo, la extensión proporciona acceso a algunas de las funciones clave de la biblioteca CLIPS, suficiente para cargar un archivo de programa CLIPS, ejecutarlo y recuperar los resultados.

El objetivo futuro de este proyecto es permitir una mayor integración entre PHP y CLIPS, permitiendo reglas de CLIPS acceder a funciones PHP y variables.

#### **2.2.5 CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS**

- Medicina

Los SE enfrentan tareas tales como la resolución de problemas, razonamiento automático y aprendizaje automático, Es típico el estudio de estos sistemas inteligentes en dominios específicos del conocimiento, como la medicina. Los programas en esta área se pueden clasificar en:

Métodos de contestación prefijada, formados por algoritmos aritméticos lógicos, en los cuales el control y el conocimiento están juntos y están escritos en leguajes procedimentales.

Métodos estadísticos que se clasificaban en Bayesianos, de análisis discriminantes y análisis secuencial.

- **Análisis de Estados Financieros**

Es un equivalente a los estados de salud en la medicina. El análisis de estados financieros se divide en tres fases:

- Examen o revisión. Se revisan documentos contables como balance, cuenta de pérdidas y ganancias, etc. Utilizando para ello una serie de técnicas o procedimientos específicos (comparaciones de masas patrimoniales, porcentajes).
- Se analiza e interpreta la información antes recopilada y se obtiene un panorama de la situación actual de la empresa.
- Por último se obtienen soluciones para ayudar a mejorar la situación futura de la empresa.

- **Planificación Financiera**

La disciplina conocida como Gestión Financiera implica un gran número de subramas (análisis de inversión, presupuesto de capital, análisis financiero, etc) incluyendo la planificación financiera. La mayoría de los Sistemas Expertos se centran en resolver problemas de esta disciplina.

Esta rama de la gestión financiera intenta identificar el resultado de la aplicación de planes futuros en la empresa, tratando de identificar los recursos que esta necesita para conseguirlos.

Los Sistemas Expertos enfocados a la planificación financiera tiene sus principales aplicaciones en:

- Análisis de mercado.
  - Asesoría jurídica y fiscal.
  - Evaluación de riesgos de gestión de cartera.
  - Gestión de personal.
  - Planes de inversión de capitales.
  - Planes de pensiones.
  - Verificación de firmas.
- Industria
- Los Sistemas Expertos en la industria se aplican principalmente en:
- Diagnóstico de control de calidad.
  - Detección y actuación en caso de alarmas y emergencias.
  - Configuración de equipos y sistemas bajo demanda.
  - Generación de especificaciones y manuales de utilización, mantenimiento y reparación de sistemas fabricados bajo demanda.
  - Control de procesos industriales
  - Gestión óptima de los recursos.
- Militar
- Las aplicaciones se centran en:
- Guiado de vehículos y proyectiles de forma semiautomática.
  - Planificación estratégica.
  - Elección inteligente de contramedidas electrónicas con el fin de obtener la máxima efectividad con unos recursos limitados.
  - Reconocimiento automático de blancos y valoración de los mismos
  - Interpretación de señales provenientes de sensores.
  - Optimización de carga.

- Electrónica, Informática y Telecomunicaciones

Las aplicaciones principales de los Sistemas Expertos son:

- Diseño de circuitos de alto grado de integración.
- Sistemas inteligentes de auto diagnóstico contenidos.
- Configuración de equipos y sistemas.
- Control de redes de comunicación.
- Programación automática.
- Ajuste de equipos y sistemas.
- Optimización de programas de computadora.

- Contabilidad

Las actividades administrativas, financieras y contables son campos en los que se puede aplicar los Sistemas Expertos, pues cumplen la mayoría de los requisitos que son necesarios para poder desarrollar este tipo de sistemas (por ejemplo las tareas requieren conocimiento especializado, existen auténticos expertos en la materia, los expertos son escasos, la pericia necesita ser localizada en distintos lugares, la mayoría de las tareas requieren soluciones heurísticas).

Los Sistemas Expertos se dejan para las tareas que estén muy pocos o nada estructurados, pues en este tipo de tareas, se requiere mucho del juicio de un experto y se utilizan reglas heurísticas para llegar rápidamente a una solución, dando que el campo de soluciones puede ser muy amplio.

Ahora bien, como esta clasificación es muy grande y además poco práctica, se puede clasificar las aplicaciones potenciales de los Sistemas Expertos en contabilidad en las siguientes áreas de aplicación:

Auditoria: Análisis de la materialidad y del riesgo, evaluación del control interno, planificación de la auditoria, evaluación del evidencia, análisis de cuentas concretas,

formación de opinión, emisión del informe, auditoría interna, auditoría informática y demás situaciones en las que se requieren de la decisión de un experto.

Contabilidad de costes y de gestión: Cálculo y asignación de costos, asignación de recursos escasos, control y análisis de desviaciones, planificación y control de gestión, diseño de sistemas de gestión de información, entre otros.

Contabilidad financiera: regulación legal, normas y principios contables, recuperación y revisión analítica de registros contables, diseño de sistemas contables, imputación contable, consolidación de estados contables, entre otros.

Análisis de estados financieros: Análisis patrimonial, financiero y económico de los estados contables, salud financiera de la empresa, cálculo e interpretación de ratios, cálculo y análisis de tendencias, entre otros.

- Robótica

Aun cuando los robots no son como se les muestra en las películas, realmente pueden llegar a realizar actividades sorprendentes, sobre todo si son utilizados en la fabricación de productos, donde las tareas son repetitivas y aburridas.

Los robots son muy solicitados en ambientes peligrosos para el ser humano, como en el manejo de explosivos, altas temperaturas, atmósfera sin la cantidad adecuada de oxígeno y en general bajo cualquier situación donde se pueda deteriorar la salud.

Los investigadores de IA pretenden adicionar al robot métodos y técnicas que le permitan actuar como si tuviera un pequeño grado de inteligencia, lo cual pretende lograr con la conjunción de todas las áreas de la IA.

- Otros campos de aplicación: Psicología, Agricultura, Arqueología, Derecho, Educación y otros.



## **2.3.2 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA BUCHANAN**

Se tiene seis etapas fundamentales:

### **2.3.2.1 IDENTIFICACIÓN**

Abarca desde la lectura de libros o artículos, las entrevistas o charlas con las personas familiarizadas con el tema y la búsqueda de un experto que esté dispuesto a colaborar en la construcción del sistema; como también la definición de cuáles son las funciones o tareas más idóneas para ser realizadas por el sistema experto. [Martínez, 2009]

Estas tareas son importantes para determinar que lenguaje y que sistema se usara. El ingeniero de conocimiento debe sentirse razonablemente cómodo respecto del dominio del problema, como para conversar inteligentemente con el experto, en resumen:

- Se identifican los participantes y roles, los recursos, fuentes de conocimiento.
- Se establecen las facilidades computacionales y presupuestos.
- Se identifican los objetivos o metas.

### **2.3.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN**

Abarca desde la lectura de libros o artículos hasta las entrevistas o charlas con la persona o experto familiarizado con el tema, con el objetivo de identificar y caracterizar el problema informalmente. El experto de campo y el ingeniero de conocimiento definen el alcance del sistema experto, es decir, la definición de las funciones, tareas o que problemas va a resolver concretamente el sistema experto. Estas tareas son importantes para determinan que lenguaje y que sistema se usará. [Martínez, 2009]

- Se analiza los conceptos vertidos por el experto de campo.
- Los mismos serán tomados en cuenta con sumo interés, pues el experto humano o de campo es quien conoce en detalle los fundamentos articulares del tema a investigar.

### 2.3.2.3 FORMALIZACIÓN

Con el problema adecuadamente definido el ingeniero de 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.

El ingeniero de conocimiento debe prestar atención al experto de campo para encontrar la estructura básica que el experto utiliza para resolver el problema. Está formada por una serie de mecanismos organizativos que el experto de campo usa para manejarse en ese dominio. Esta estructura básica de organización del conocimiento le permite al experto realizar ciertos tipos de inferencias.

El ingeniero de conocimiento además debe reconocer las estrategias básicas que usa el experto cuando desarrolla su tarea, que hechos establece primero, que tipos de preguntas realiza primero, si define supuestos inicialmente sin bases con información tentativa, como determina el experto que pregunta debe usar para refinar sus suposiciones y en qué orden el experto prosigue con cada sub tarea y si ese orden varía según el caso.

La estructura del conocimiento indica que tareas y términos está usando y la estrategia indica cómo y cuándo el sistema experto debe establecerlas. [Martínez, 2009]

- Se identifican los conceptos relevantes e importantes
- Organizar el conocimiento adquirido.
- El objetivo es el de formalizar el diagrama de información conceptual.
- Ser formaliza los elementos sub problemas es una especificación parcial para construir un prototipo de la base de conocimiento.

#### 2.3.2.4 IMPLEMENTACIÓN

El ingeniero de conocimiento deberá a medida que se desarrolla el prototipo que el formalismo usado es el apropiado para reflejar los conceptos y el proceso de inferencia del experto. Esta tarea implica definir que arquitectura permitirá una mejor organización del conocimiento. Es necesario elegir la organización, lenguaje y medio ambiente de programación adecuados para la aplicación particular.

Se definen los conceptos primitivos, con la forma de representación elegida. Este es el primer paso hacia la implementación del prototipo. El ingeniero de conocimiento deberá a medida que se desarrolla el prototipo lo siguiente:

- Que el formalismo usado es el apropiado para reflejar los conceptos y el proceso de inferencia del experto.
- Que las características particulares de construcción del lenguaje capturen exactamente los aspectos estructurales más importantes de los conceptos usados por el experto.
- Que la estructura del control del lenguaje al activar las reglas refleje la estrategia usada por el experto.
- Que las reglas reflejen asociaciones y métodos que:
  - a) son los usados por el experto.
  - b) son modelos aceptables de dichos métodos.

Las características particulares de construcción del lenguaje capturen exactamente los aspectos estructurales más importantes de los conceptos usados por el experto, la estructura del control del lenguaje al activar las reglas refleje la estrategia usada por el experto [Martínez, 2009]

- Se formaliza el conocimiento obtenido del experto.
- Se elige la organización.
- El lenguaje de programación.

### 2.3.2.5 VALIDACIÓN O TESTEO

Se observa el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, verificándose que el Sistema Experto posea eficiencia [Martínez, 2009]

### 2.3.2.6 REVISIÓN DEL PROTOTIPO

Cuando el sistema prototipo ha crecido tanto que resulta difícil de manejar, el ingeniero de conocimiento rediseña un sistema más eficiente. Este nuevo sistema deberá refinarse y extenderse a fin de completar así el desarrollo del sistema experto.

- Se reformulan los conceptos.
- Se rediseña y refina el prototipo.
- Se refina el prototipo, o si fuera el caso, se rediseña y se reformula los conceptos.

La característica más importante de esta metodología es la constante relación entre el ingeniero de conocimiento y el experto humano. En la Figura 2.3, se presenta un resumen de las etapas para el diseño de un Sistema Experto utilizando la metodología Buchanan.

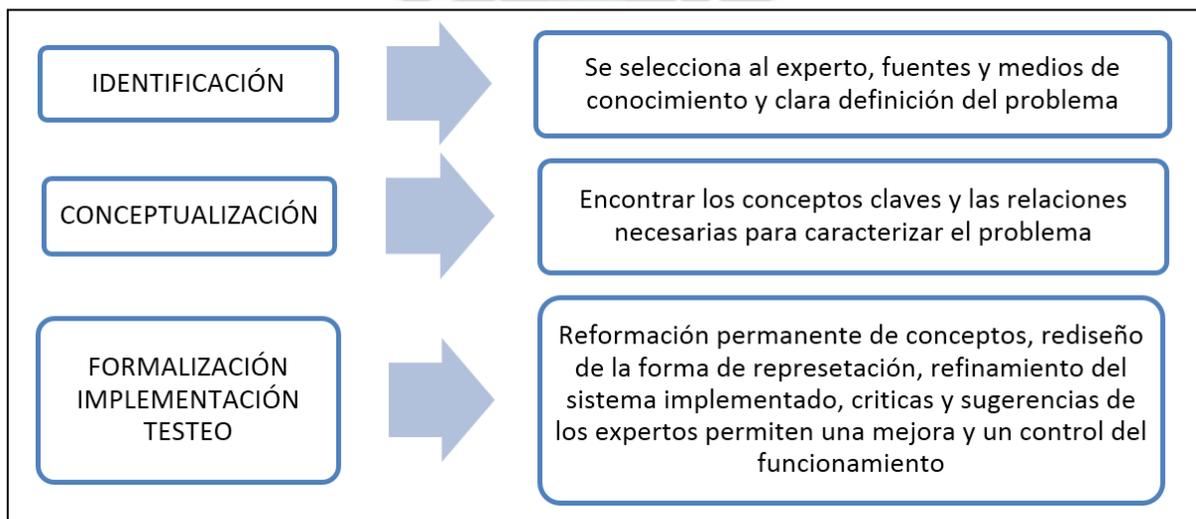


Figura 2.3 Etapas de la elaboración de un Sistema Experto  
Fuente: Martínez, 2009

## 2.4 LÓGICA DIFUSA

### 2.4.1 INTRODUCCIÓN

El concepto de lógica difusa fue concebido por Lofti A. Zaded, profesor de la Universidad de California en Berkeley, quien inconforme con los conjuntos clásicos que solo permiten dos opciones, la pertenencia o no de un elemento a dicho conjunto, la presento como una forma de procesar información permitiendo pertenencias parciales a unos conjuntos, que en contraposición a los clásicos los denomino Conjuntos Difusos (fuzzy sets).

El concepto de conjunto difuso fue expuesto por Zadeh el año 1965, hoy clásico en la literatura de la lógica difusa. El año 1971 publica el artículo. “Quantitative Fuzzy Semantics”, donde se introduce los elementos formales de la lógica difusa. [López, 2009]

La lógica difusa 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 una persona toma decisiones basada en información con las características mencionadas.

La lógica difusa es una técnica de la inteligencia computacional que permite trabajar con información con alto grado de imprecisión, en esto se diferencia de la lógica convencional que trabaja con información bien definida y precisa. Es una lógica multivaluada que permite valores intermedios para poder definir evaluaciones entre si/no, verdadero/falso, negro/blanco, caliente/frío, etc. [Rodríguez, 2005]

En la vida cotidiana se utilizan palabras para describir variables, por ejemplo cuando se dice “hoy hace calor” es equivalente a decir la temperatura actual es alta, se utiliza la palabra alta, para describir la temperatura actual, es decir, la variable temperatura actual toma la palabra alta como su valor.

Cuando una variable toma números como sus valores, se tiene un marco de trabajo bien formulado matemáticamente, pero cuando una variable toma palabras como sus valores no

se tiene un marco de trabajo formal matemáticamente, de aquí que el concepto de variable lingüística se introduce, si una variable puede tomar palabras en lenguaje natural como sus valores, esta es llamada variable lingüística [Rolston, 1998]

A continuación en la *Figura 2.4* se observar los elementos que posee un conjunto difuso.

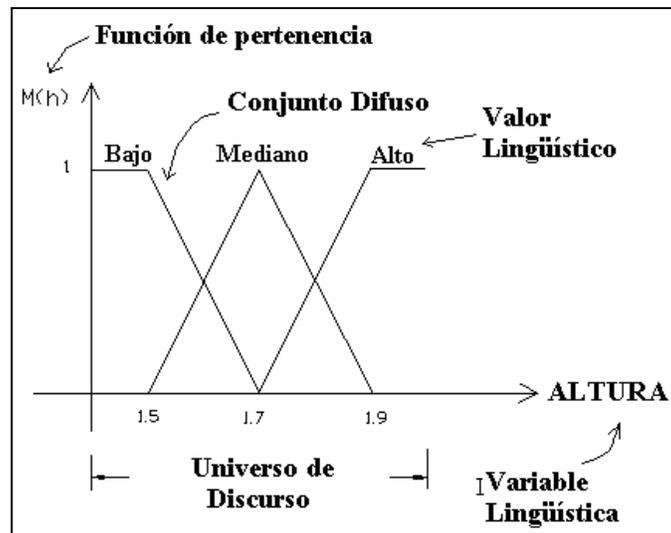


Figura 2.4 Elementos de un Conjunto Difuso

Fuente: Vargas, 2005

## 2.4.2 TEORÍA DE CONJUNTOS DIFUSOS

### 2.4.2.1 CONJUNTOS DIFUSOS

Los conjuntos difusos pueden ser considerados como una generalización de los conjuntos clásicos, la teoría clásica de conjuntos solo contempla la pertenencia o no pertenencia de un elemento a un conjunto, sin embargo la teoría de conjuntos difusos contempla la pertenencia parcial de un elemento a un conjunto, es decir, cada elemento presenta un grado de pertenencia a un conjunto difuso que puede tomar cualquier valor entre 0 y 1. Este grado de pertenencia se define mediante la función característica asociada al conjunto difuso, que es cada valor que pueda tomar un elemento o variable  $x$ , es decir, la función característica o de pertenencia denotada por  $\mu_A(x)$  proporciona el grado de pertenencia de este valor de  $x$  al conjunto difuso  $A$  [Vargas, 2009].

Formalmente un conjunto difuso en el universo de discurso (son todos los valores que pueden ser tomados por un atributo)  $U$  se caracteriza por una función de pertenencia o característica  $\mu_{A(x)}$  que toma valores en el intervalo  $[0,1]$  y puede representarse como un conjunto de pares ordenados de un elemento  $x$  y su valor de pertenencia al conjunto [Martin, 2001]

$$A = \{(x, \mu_{A(x)}) / x \in U\}$$

### 2.4.3 FUNCIÓN DE PERTENENCIA

La función de pertenencia o característica proporciona una medida de grado similar de un elemento de  $U$  con el conjunto difuso. La forma de una función de pertenencia utilizada, depende del criterio aplicando en la resolución de cada problema y variara en función de la cultura, geografía, época o punto de vista del usuario. La única condición que debe cumplir una función de pertenencia es que tome valores entre 0 y 1, con continuidad. [Vargas, 2009]

Entre las funciones de pertenencia típicas, pueden distinguirse:

- Función Triangular. Definida mediante el límite inferior  $a$ , el superior  $b$  y el valor modal  $m$ , tal que  $a < m < b$ . La función no tiene porqué ser simétrica.

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

La función triangular se representa como se ve en la Figura 2.5.

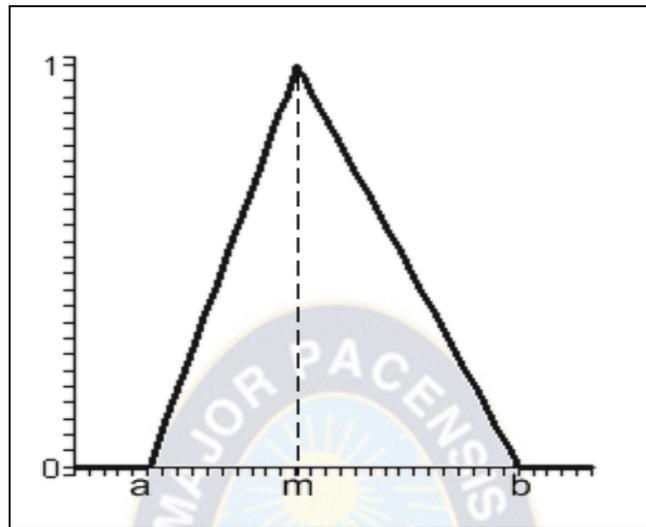


Figura 2.5 Función Triangular  
Fuente: Sabadí, 2010

- Función Trapezoidal. Definida por sus límites inferior  $a$ , superior  $d$ , y los límites de soporte inferior  $b$  y superior  $c$ , tal que  $a < b < c < d$ . En este caso, si los valores de  $b$  y  $c$  son iguales, se obtiene una función triangular.

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

La función trapezoidal se representa como se ve en la Figura 2.6.

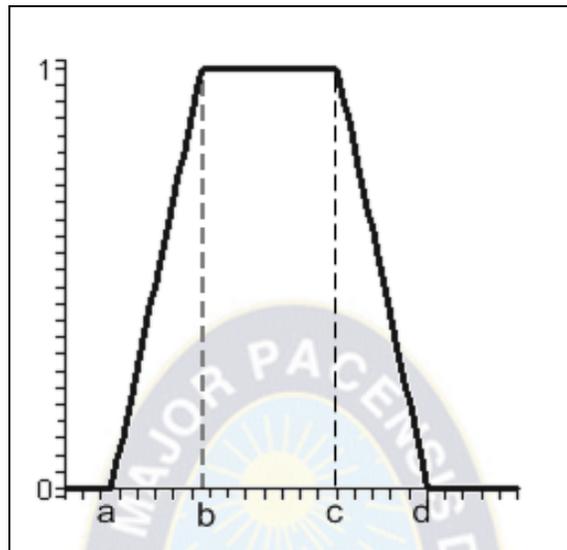


Figura 2.6 Función Trapezoidal  
Fuente: Sabadí, 2010

- Función Gamma. Definida por su límite inferior  $a$  y el valor  $k > 0$ . Nunca toma el valor  $\mu_A(x) = 1$ , aunque tienen una asíntota horizontal en dicho valor. La función Gamma se representa como se ve en la Figura 2.7

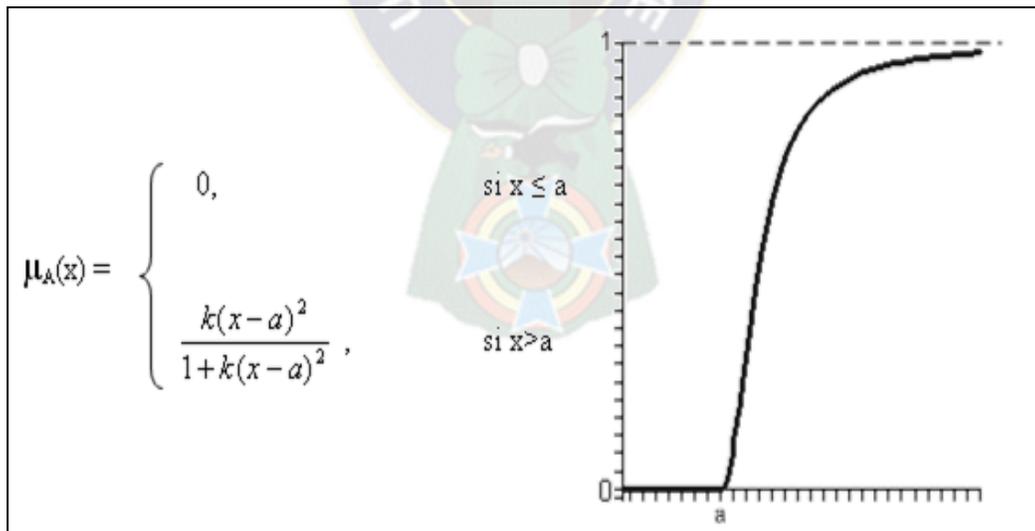


Figura 2.7 Función Gamma  
Fuente: Sabadí, 2010

- Función Sigmoidal. Definida por sus límites inferior  $a$ , superior  $b$  y el valor  $m$  o punto de inflexión, tales que  $a < m < b$ . El crecimiento es más lento cuanto mayor sea la distancia  $a-b$ . Para el caso concreto de  $m = (a + b)/2$  que es lo usual, se obtiene la gráfica que se ve en la Figura 2.8.

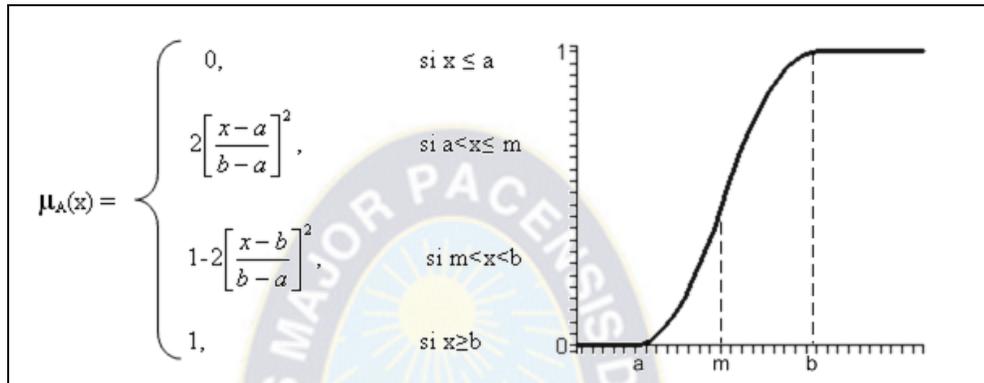


Figura 2.8 Función Sigmoidal

Fuente: Sabadí, 2010

- Función Gaussiana. Definida por su valor medio  $m$  y el parámetro  $k > 0$ . Esta función es la típica campana de Gauss y cuanto mayor es el valor de  $k$ , más estrecha es dicha campana. La función Gamma se representa como se ve en la Figura 2.9

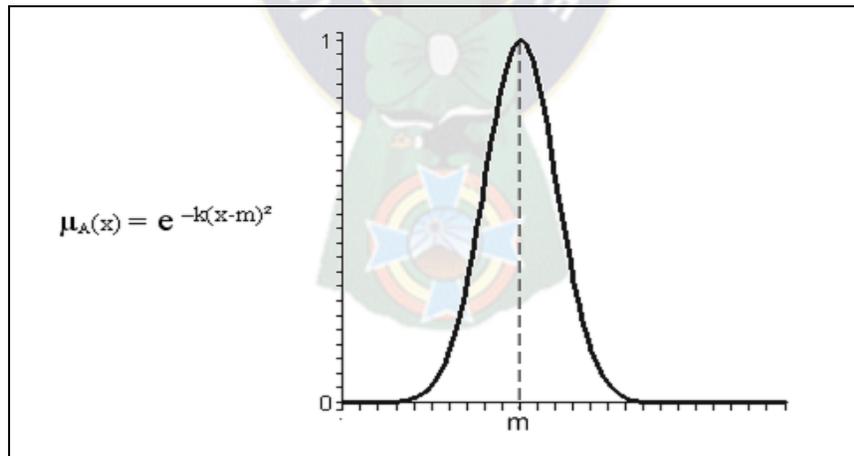


Figura 2.9 Función Gamma

Fuente: Sabadí, 2010

En general, es preferible usar funciones simples, debido a que simplifican muchos cálculos y no pierden exactitud, debido a que precisamente se está definiendo un concepto difuso. [Sabadí, 2010]

Conceptualmente existen dos aproximaciones para determinar la función de pertenencia asociada a un conjunto: la primera aproximación está basada en el conocimiento humano de los expertos y la segunda aproximación es utilizar una colección de datos para diseñar la función. El número de funciones características asociadas a una misma variable es elegido por el experto: a mayor número de funciones características se tendrá mayor resolución, pero también mayor complejidad computacional; además estas funciones pueden estar solapadas, lo que pone de manifiesto un aspecto clave de la lógica difusa a la vez. [Sabadí, 2010]

#### **2.4.4 OPERACIONES ELEMENTALES CON CONJUNTOS DIFUSOS**

Al igual que en la teoría clásica de conjuntos, sobre los conjuntos difusos podemos definir las operaciones de unión, intersección, complementario. [Rolston D, 1990]

##### **2.4.4.1 INFERENCIA DIFUSA**

Se llama reglas difusas al conjunto de proposiciones IF – THEN que modelan el problema que se quiere resolver. Una regla difusa simple tiene la forma:

“si  $u$  es  $A$  entonces  $v$  es  $B$ ”

Donde  $A$  y  $B$  son conjuntos difusos definidos en los rangos de  $u$  y  $v$  respectivamente. Una regla expresa un tipo de relación entre los conjuntos  $A$  y  $B$  cuya función característica sería  $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$  y representa lo que conocemos como implicación lógica. La elección apropiada de esta función característica está sujeta a las reglas de la lógica proposicional. [Vargas, 2009]

#### 2.4.4.2 REGLAS DIFUSAS

Una regla difusa base es un conjunto de reglas SI – ENTONCES que pueden ser expresadas de la siguiente forma:

*Regla<sub>m</sub>: Si  $\mu_i$  es  $A_i$  y  $u_p$  es  $A_{pm}$*

*Entonces  $v$  es  $B_m$*

*Con  $m = 1, 2, 3, \dots, M$*

*Donde  $A_{im}$  y  $B_m$  son conjuntos difusos,  $u_i \in U$  y  $v \in V$*

Existen dos caminos para obtener el conjunto de reglas correspondientes a un conjunto de datos numéricos: dejar que los datos establezcan los conjuntos difusos que aparecen en los antecedentes y los consecuentes; predefinir los conjuntos difusos para antecedentes u consecuentes para luego asociar los datos a esos conjuntos.

Para llegar a obtener el conjunto completo de reglas que modelan un problema se puede partir de considerar todas las combinaciones de reglas  $P_t$  que es posible establecer teóricamente, entre el número de antecedentes  $p$  y el número de conjuntos difusos de entrada  $A_p$  considerados para cada antecedente. Así, para cada consecuente, el número teórico de reglas posibles será:

$$P_t = \prod_n A_n \text{ para } n = 1 \dots p$$

Sin embargo entre estas  $P_t$  reglas teóricamente posibles para cada consecuente, habrá algunas que no tengan sentido físico y otras que no se ajusten a las características del problema a resolver. Se deberá pues seleccionar, de entre todas las reglas posibles, el conjunto de reglas más adecuadas al problema que se considera [Vargas, 2009]

### 2.4.4.3 IMPLICACIÓN DIFUSA

Al igual que para describir las nociones básicas de la teoría de conjuntos difusos podemos establecer un paralelismo con las de la teoría clásica de conjuntos, también los fundamentos de la teoría de la lógica difusa parten y toman los conceptos fundamentales de la lógica clásica. En términos de la teoría de lógica difusa la proposición “si u es A entonces v es B”, tiene asociada una función característica  $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$  que forma valores en el intervalo  $[0, 1]$ . Es decir, cada una de las reglas o proposiciones IF – THEN es a su vez un conjunto difuso con su función característica que mide el grado de verdad de la relación de implicación entre x e y.

En la lógica difusa el Modus Ponens se entiende a lo que se llama Modus Ponens Generalizado y que puede resumirse en la siguiente forma:

Premisa 1: “u es A”

Premisa 2: “Si u es A entonces v es B”

Consecuencia: “v es B”

En donde el conjunto difuso A no tiene por qué ser necesariamente el mismo que el conjunto difuso A del antecedente de la regla y el conjunto difuso B tampoco tiene por qué ser necesariamente que el conjunto difuso B que aparece en el consecuente de la regla [Vargas, 2009]

### 2.4.5 SISTEMA DE TIPO MAMDANI

Los sistemas de lógica difusa tienen una estrecha relación con los conceptos difusos tales como conjuntos difusos, variables lingüísticas y demás citados anteriormente. Los más populares sistemas de lógica difusa que se encuentra en la literatura son: sistemas difusos tipo Mamdani (con fuzzificador y defuzzificador) Sistemas difusos tipo Takagi-Sugeno. En la Figura 2.10 se muestra un esquema de procesamiento general tipo Mamdani, donde el

mecanismo de inferencia, recibe datos de entrada del Fuzzificador y con la ayuda de las reglas de inferencia, procesa dichos datos y devuelve el o los resultados al Defuzzificador.

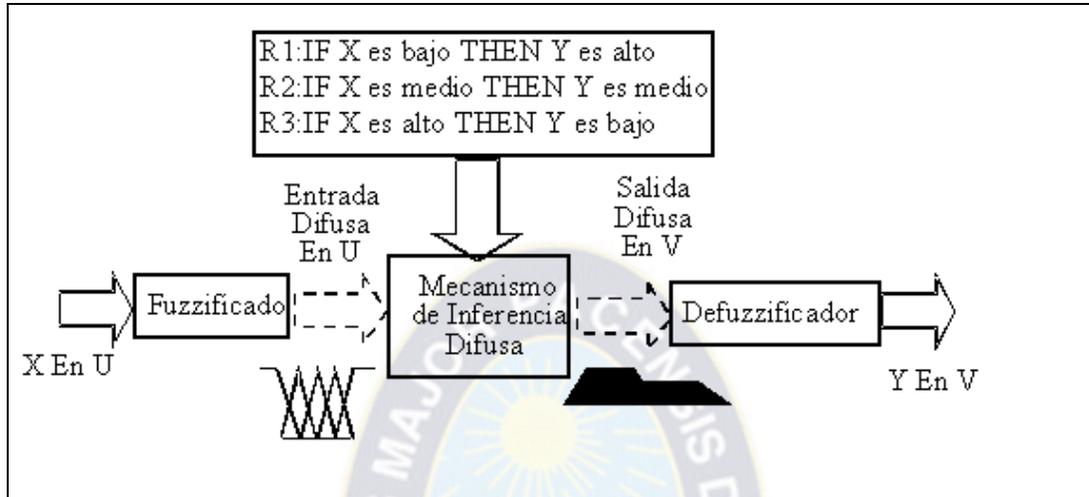


Figura 2.10 Sistema Difuso Mamdani, Procesamiento General  
Fuente: Lopez, 2013

#### 2.4.5.1 FUZZIFICACIÓN DE LAS ENTRADAS

La entrada de un sistema de lógica difusa tipo Mamdani normalmente es un valor numérico proveniente, por ejemplo, de un sensor; para que este valor pueda ser procesado por el sistema difuso se hace necesario convertirlo a un "lenguaje" que el mecanismos de inferencia pueda procesar. Esta es la función del fuzzificador, que toma los valores numéricos provenientes del exterior y los convierte en valores "difusos" que pueden ser procesados por el mecanismo de inferencia. Estos valores difusos son los niveles de pertenencia de los valores de entrada a los diferentes conjuntos difusos en los cuales se ha dividido el universo de discurso de las diferentes variables de entrada al sistema. [Lopez, 2013].

La Fuzzificación realiza la transición desde un dominio numérico a un dominio difuso. Mediante el uso de funciones de membrecía. Relaciona puntos de entrada no borrosos al

sistema:  $x = (x_1, x_2, \dots, x_3)^T$  y sus correspondientes conjuntos borrosos A en U se pueden utilizar diversas estrategias de Fuzzificación [Marti, 2002].

- a) Fuzzificador Singleton, es el más utilizado en sistemas de control, y consiste en considerar los propios valores discretos como conjuntos difusos.
- b) Fuzzificador no Singleton, se utiliza una función exponencial con forma de campana, centrada en el valor X de entrada, de anchura o/y amplitud a, del tipo siguiente:

$$\mu_{A'}(x) = a \times \exp[-(x' - x'/\sigma)^2]$$

El bloqueo de Fuzzificación empareja los datos de entrada con las reglas para determinar cuan bien las condiciones de cada regla emparejan con una entrada en particular.

La Fuzzificación de una entrada es el proceso por el cual se calcula el grado de pertenencia a uno o varios conjuntos difusos en que se divide el rango de valores posibles para dicha entrada. Se establecen funciones de pertenencia de los elementos a los diferentes conjuntos, lo cual permite determinar, a partir de un elemento, su grado de pertenencia a un conjunto, siendo este un valor real normalizado entre 0 (no pertenece en absoluto) y 1 (pertenece al 100%). Esta función se denota como  $\mu(x)$ , siendo x el valor del elemento [Hillera, 1995].

#### **2.4.5.2 MECANISMOS DE INFERENCIA DIFUSA**

Teniendo los diferentes niveles de pertenencia arrojados por el fuzzificador, los mismos deben ser procesados para general 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. [Lopez, 2013].

### 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 del tipo IF-THEN.

Una regla de la base de reglas o base de conocimiento tiene dos partes, el antecedente y el consecuente, como se observa en la Figura 2.11.

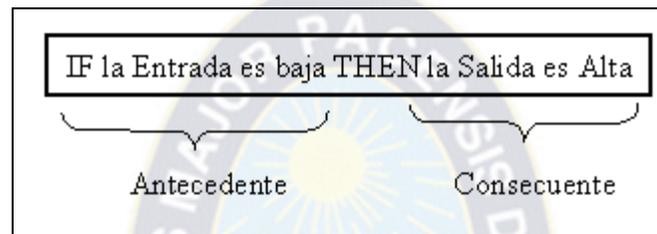


Figura 2.11 Reglas en la base de conocimientos  
Fuente: Lopez, 2013

### 2.4.5.4 DEFUZZIFICACIÓN

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 esto se ha desarrollado el concepto de defuzzificación, se han puesto varios métodos para lograr esta transformación, algunos de ellos se explican a continuación.

Las funciones del mecanismo de inferencia son:

- Determinación de las acciones que tendrán lugar, el orden en que lo harán y como lo harán entre las diferentes partes del sistema experto.
- Determinar cómo y cuándo se procesaran las reglas y si da el caso también la elección de que regla deberán procesarse.
- Control de dialogo en el usuario.

- La decisión sobre el mecanismo de procesamiento de reglas, es decir qué estrategia de búsqueda se implementaran, ya que es de vital importancia para efectividad del sistema en su conjunto ante problemas o clases de problemas distintos se estructuran como es lógico.

El mecanismo de inferencia debe estar adaptado al problema a solucionar. Se asocia con un modelo o paradigma para resolver problemas.

- Modelo que utiliza métodos de encadenamiento de reglas SI – ENTONCES para formar una línea de razonamiento.
- Si el encadenamiento comienza de un conjunto de condiciones y se mueve hacia las conclusiones entonces el método denominado encadenamiento hacia adelante.
- Si la conclusión es conocida pero la ruta de la conclusión no es conocida entonces el método que se utiliza es el encadenamiento hacia atrás.
- El motor de inferencia contiene implementado estos métodos de razonamiento y controla la ejecución se hace preguntando al usuario. La interfaz de usuario juega uno de los papeles preponderantes para la entrada y la salida de datos; como los menús, cuadros de dialogo y gráficos.
- Conclusión: Una vez obtenido las conclusiones pertinentes, el sistema experto debe realizar ciertas acciones que den un resultado por el motor de inferencia, este comunica al usuario en forma ordenada y legible, los hechos determinantes y alternativas de decisión.
- La salida del mecanismo de inferencia es un conjunto difuso resultante, para generar la salida numérica a partir de estos conjuntos existen varias opciones como el Centro de Gravedad, los Centros Promediados, entre otros.
- Centro de Gravedad, denotado por la siguiente función.

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

- Centros Promediados, denotado por la siguiente función.

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

## 2.5 ESPECIALIDAD MÉDICA

Todas las personas han tomado decisiones a corto plazo: por ejemplo, la escuela universitaria o de postgrado que asistió, el área principal de estudio que se eligió, la universidad en la que se estudiara. Ahora, un estudiante de medicina e incluso un médico se enfrentan a lo que parece ser un largo plazo de elección lo que va a hacer durante su carrera en la medicina. Cuando llega por primera vez a la escuela o carrera de medicina sólo se piensa en ser médico. Poco más del 50% no sabe nada acerca de las especialidades.

- Estudiante de medicina Júnior

Los estudiantes a menudo tienen ideas vagas sobre el proceso de convertirse en un médico. La Asociación de la Sección Americana de Colegios Médicos para Programas Estudiantiles, administra anualmente al matriculado encuestas, un cuestionario que contiene la consulta: "¿Qué tan importante fueron los siguientes factores en la elección de la medicina como una meta de la carrera?" Más recientemente, las dos primeras respuestas son "oportunidad de hacer una diferencia" y "educar a los pacientes acerca de la salud." También en la parte superior de la lista son "contacto continuo con los pacientes", "ejercicio de la responsabilidad social", "pensamiento crítico" y "desafío intelectual". El estudiante puede ser capaz de identificarse con uno de estos temas más que con los otros, y es posible que se refleja en su preferencia especialidad. O se puede sentir que todos estos aspectos de la medicina son igualmente importantes en su vida.

Algunos estudiantes han tomado decisiones firmes relativas a la elección de especialidad antes de entrar a la carrera de medicina; pero vacilan y crea un compromiso en algún momento durante su tercer año; algunos no están seguros en el momento de la graduación y esperan que decidir durante la residencia.

En la última década se ha producido un mayor énfasis en la planificación de la carrera en muchas áreas de negocio y las profesiones. Los estudiantes de medicina, desde hace muchos años se dieron cuenta de que tal planificación es especialmente deseable en el proceso de elección de una especialidad médica. Tres factores específicos han sido fundamentales en la creación de la necesidad de asesoramiento elección de especialidad médica: el aumento del número de opciones, las presiones de tiempo, y el superávit proyectado de médicos en algunas especialidades.

El aumento de Opciones. El Consejo de Educación Médica de la Asociación Médica Americana (AMA) y la Junta Americana de Especialidades Médicas (ABMS) aprobaron 21 especialidades primarias y tres conjuntas que examinan y certifican los mismos. Los estudiantes de medicina tienen que hacer un poco de compromiso con una especialidad por el comienzo de su cuarto año de tiempo de solicitar la residencia. [Taylor, 2013]

## **2.6 RESIDENCIA MEDICA EN BOLIVIA**

Cada año se emite una convocatoria pública del Ministerio de Salud, en base al requerimiento de las Instituciones en las cuales existe Residencia Médica, donde se establecen las condiciones para presentar documentación se establecen las condiciones y el lugar donde se tomara el examen de ingreso. Se proporciona un disco con las preguntas que eventualmente saldrán en el examen.

Para velar por la idoneidad del proceso del examen, viene un personero de La Paz con cinco test, de los cuales mediante un sorteo se elige uno, en presencia de los miembros del CRIDAI y ninguna persona más, puede participar. Se imprime el mismo mientras los postulantes esperan y luego ingresan al aula. Debe destacarse que no basta aprobar el

examen, pues solamente las notas más altas, pueden ingresar a la Residencia Médica. En cada regional existe una máxima instancia para regular que es el Comité Docente Asistencial Hospitalario, (CDAH) que norma acerca de la disciplina y toda la actividad relacionada a la actividad científica de cada una de las Residencias Médicas y el proceso de calificación en forma Conjunta con el Jefe de Enseñanza El Director del Hospital Obrero regional. [Ministerio, 2014]

## **2.7 CLASIFICACIÓN DE ESPECIALIDADES EN LA MEDICINA**

- **ALERGIA E INMUNOLOGÍA**

La Inmunología es una especialidad que se dedica al estudio del sistema inmune y de las enfermedades que lo afectan. Este sistema está encargado de defender al organismo de las infecciones y le permite distinguir lo propio de lo ajeno.

- **ANESTESIOLOGÍA**

La anestesiología es una especialidad médica dedicada al alivio del dolor y al cuidado del paciente antes, durante y después de un procedimiento quirúrgico.

- **CIRUGÍA DE COLON Y RECTO**

La cirugía de colon y recto o coloproctología es la especialidad de la medicina derivada de la cirugía general que brinda diagnóstico y tratamiento quirúrgico y no quirúrgico de las enfermedades del colon, recto y ano.

- **DERMATOLOGÍA**

La Dermatología es la especialidad de la medicina que estudia y trata las enfermedades de la piel, mucosas, uñas y cabello.

- **MEDICINA DE EMERGENCIA**

Esta especialidad es la que actúa sobre una emergencia médica o urgencia médica o sobre cualquier enfermedad en su momento agudo, definida como una lesión o enfermedad que plantean una amenaza inmediata para la vida de una persona y cuya asistencia no puede ser demorada.

- **MEDICINA FAMILIAR**

Medicina familiar, es la disciplina médica que se encarga de mantener la salud en todos los aspectos, analizando y estudiando el cuerpo humano en forma global y general.

- **MEDICINA INTERNA GENERAL**

La Medicina Interna es la especialidad médica que se encarga del cuidado integral de la salud del paciente adulto, con un espectro que abarca desde el paciente internado grave hasta la atención ambulatoria.

Respecto a las subespecialidades en medicina interna:

- **CARDIOLOGÍA**

Cardiología, es la rama de la medicina, encargada de las enfermedades del corazón y del aparato circulatorio. Se incluye dentro de las especialidades médicas intervencionistas

- **ENDOCRINOLOGÍA Y METABOLISMO**

La endocrinología es una rama de la medicina y la biología que estudia el funcionamiento y las distintas enfermedades del sistema endocrino, las glándulas y sus secreciones específicas llamadas hormonas.

- **GASTROENTEROLOGÍA**

La gastroenterología es la especialidad médica que se ocupa de todas las enfermedades del aparato digestivo.

- **HEMATOLOGÍA**

La hematología es la subespecialidad médica que se dedica al tratamiento de los pacientes con enfermedades hematológicas, para ello se encarga del estudio e investigación de la sangre y los órganos hematopoyéticos (médula ósea, ganglios linfáticos, bazo, otros) tanto sanos como enfermos.

- **INFECTOLOGÍA**

La infectología es una subespecialidad de la medicina interna y de la pediatría que se encarga del estudio, la prevención, el diagnóstico, tratamiento y pronóstico de las enfermedades producidas por agentes infecciosos (bacterias, virus, hongos y parásitos).

- **ONCOLOGÍA MÉDICA**

La oncología es la especialidad médica que estudia y trata las neoplasias; tumores benignos y malignos, pero con especial atención a los malignos, esto es, al cáncer.

- **NEFROLOGÍA**

La nefrología es la especialidad médica rama de la medicina interna que se ocupa del estudio de la estructura y la función renal, tanto en la salud como en la enfermedad, incluyendo la prevención y tratamiento de las enfermedades renales.

- **NEUMOLOGÍA**

La neumología es la especialidad médica encargada del estudio de las enfermedades del aparato respiratorio y en menor medida, de todos aquellos órganos que tengan relación con el mismo.

- **REUMATOLOGÍA**

La reumatología es una especialidad médica, rama de la medicina interna y la pediatría, dedicada a los trastornos médicos (no los quirúrgicos) del aparato locomotor y del tejido conectivo, que abarca un gran número de entidades clínicas conocidas en conjunto como enfermedades reumáticas.

- **NEUROCIRUGÍA**

La neurocirugía es la especialidad médica que se encarga del manejo quirúrgico (incluyendo la educación, prevención, diagnóstico, evaluación, tratamiento, cuidados intensivos, y rehabilitación) de determinadas enfermedades del sistema nervioso central, periférico y vegetativo, incluyendo sus estructuras vasculares; la evaluación y el tratamiento de procesos patológicos que modifican la función o la actividad del sistema nervioso, incluyendo la hipófisis, el tratamiento quirúrgico del dolor y ramas anexas.

- **NEUROLOGÍA**

La neurología es la especialidad médica que trata los trastornos y todas las enfermedades que involucran el sistema nervioso. Específicamente se ocupa de la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de todas las enfermedades que involucran al sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico.

- **OBSTETRICIA Y GINECOLOGÍA**

Obstetricia y Ginecología es la especialidad médica dedicada a los campos de la obstetricia y la ginecología a través de un único programa de formación académica. Esta formación combinada convierte a los practicantes en expertos en el cuidado de la salud de los órganos reproductores femeninos y en el manejo de complicaciones obstétricas, incluso a través de intervenciones quirúrgicas.

- **OFTALMOLOGÍA**

La oftalmología es la especialidad médica que estudia las enfermedades y cirugía del ojo; en concreto del globo ocular, su musculatura, el sistema lagrimal, los párpados y sus tratamientos.

- **TRAUMATOLOGÍA**

La Traumatología es la rama de la medicina que se dedica al estudio de las lesiones del aparato locomotor. En la actualidad esta definición es insuficiente, ya que la especialidad se extiende mucho más allá del campo de las lesiones traumáticas y sus tratamientos.

- **OTORRINOLARINGOLOGÍA - CIRUGÍA DE CABEZA Y CUELLO**

La otorrinolaringología es la especialidad médica que se encarga de la prevención, diagnóstico y tratamiento, tanto médico como quirúrgico, de las enfermedades de: El oído, las vías aéreo-respiratorias superiores y parte de las inferiores, nariz y senos paranasales, faringe y laringe. Las estructuras próximas de la cara y el cuello.

- **PATOLOGÍA**

La patología y medicina oral es un área de especialización de la odontología dedicada al diagnóstico y manejo terapéutico de los trastornos que puedan afectar a la mucosa bucal, glándulas salivales, tejido óseo y tejido blando del área bucomaxilofacial.

- **PEDIATRÍA**

Esta es una especialidad médica que estudia al niño sano y enfermo. Médico que está presente desde el momento del parto a hasta la adolescencia de una persona.

- **MEDICINA FÍSICA Y REHABILITACIÓN**

La medicina física y rehabilitación, también llamada fisioterapia, es una especialidad de la medicina y de las ciencias de la salud, configurada por un cuerpo doctrinal complejo, constituido por la agrupación de conocimientos y experiencias relativas a la naturaleza de los agentes físicos no ionizantes, a los fenómenos derivados de su interacción con el organismo y su aplicación diagnóstica, terapéutica y preventiva.

- **CIRUGÍA PLÁSTICA**

La cirugía plástica es la especialidad médica que tiene por objeto la corrección y/o mejoramiento de anomalías de origen congénito, adquirido, tumoral o involutiva que requieran reparación o reposición de la forma corporal y su correcta funcionalidad de los mismos.

- **PSIQUIATRÍA**

La psiquiatría o siquiatría, es la rama de la medicina dedicada al estudio de los trastornos mentales con el objetivo de prevenir, evaluar, diagnosticar, tratar y rehabilitar a las personas con trastornos mentales y asegurar la autonomía y la adaptación del individuo a las condiciones de su existencia de su entorno y su medio ambiente.

- **RADIOLOGÍA DIAGNÓSTICA**

La radiología es la especialidad médica y odontológica que se ocupa de generar imágenes del interior del cuerpo mediante diferentes agentes físicos (rayos X, ultrasonidos, campos magnéticos, entre otros) y de utilizar estas imágenes para el diagnóstico y, en menor medida, para el pronóstico y el tratamiento de las enfermedades.

- **CIRUGÍA GENERAL**

La cirugía general es la especialidad de la medicina que tiene competencia en el diagnóstico y tratamiento de las patologías que se resuelven mediante procedimientos quirúrgicos o potencialmente quirúrgicos, tanto electivos como de urgencia, de origen benigno, inflamatorio, traumático o neoplásico.

- **CIRUGÍA TORÁCICA**

La cirugía torácica es una especialidad médica dedicada al estudio y tratamiento quirúrgico de las enfermedades que afectan al tórax.

- UROLOGÍA

La urología es la especialidad médico-quirúrgica que se ocupa del estudio, diagnóstico y tratamiento de las patologías que afectan al aparato urinario, glándulas suprarrenales y retroperitoneo de ambos sexos y al aparato reproductor masculino, sin límite de edad.



### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

La representación del conocimiento es una de las partes principales para el desarrollo de un sistema experto. La construcción del sistema experto se realizara en base a la metodología Buchanan en la fase identificación se identifica al experto humano, en la fase de conceptualización se desarrolla la obtención del conocimiento o adquisición del conocimiento, base de conocimiento y base de hechos, en la fase de formalización se desarrolla la formalización del conocimiento y motor de inferencia, en la fase de implementación se desarrolla el prototipo (interfaz de usuario). En la figura 3.1 se puede observar la Estructura del Sistema Experto para la evaluación de capacidades, actitudes y aptitudes de los postulantes a residencia médica.

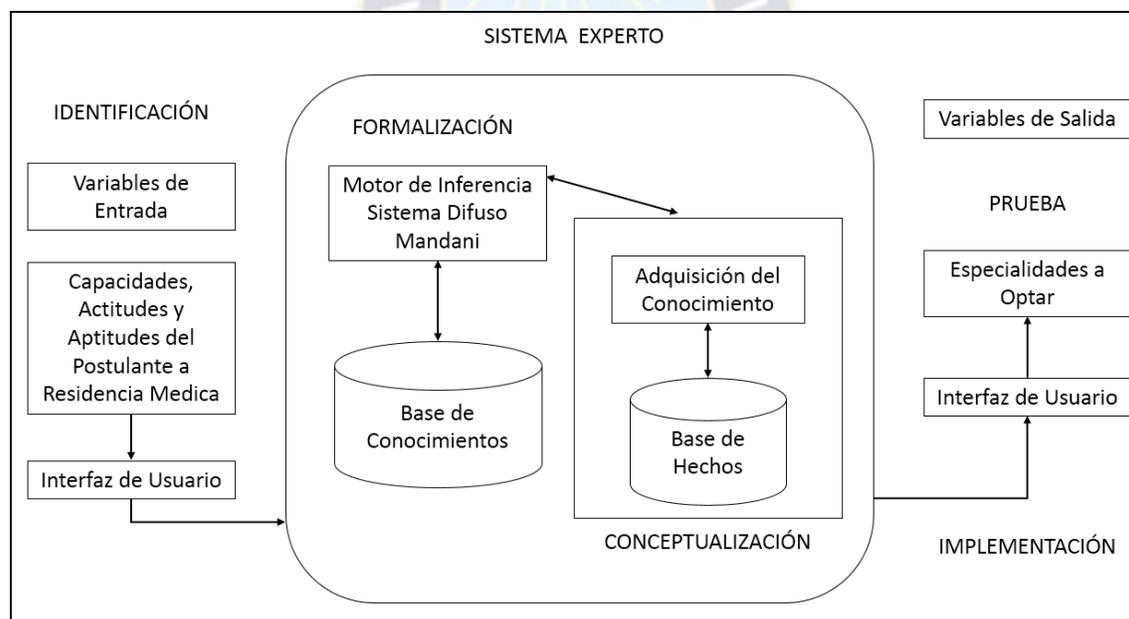


Figura 3.1 Estructura del Sistema Experto para la evaluación a Residentes Médicos  
Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó en el capítulo dos, la representación del conocimiento se realizó a través de reglas de producción que hace referencia a situaciones y acciones que dependen

de ciertas condiciones que el experto psicólogo determino y que se plasmaron de acuerdo a la forma: SI premisa, ENTONCES conclusión.

Para lograr más certidumbre de las variables lingüísticas se aplica la lógica difusa estableciéndolas de acuerdo al trabajo que se realizó con el experto. `

Cada regla establecida es un término de conocimiento o unidad de información de la base de conocimiento.

La utilización de reglas permitió desarrollar e Sistema Experto para la elección de una especialidad en medicina, resultando sencillo incorporar nueva información o modificar la existente creando o cambiando las reglas individuales.

### **3.2 METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA**

En la presente tesis se utilizara el método de Buchanan que cuenta con distintas etapas las cuales se interrelacionan para desempeñar sus funciones de manera íntegra, se destacan las etapas fundamentales las cuales se desarrollan a continuación.

#### **3.2.1 IDENTIFICACIÓN**

Siendo que el Sistema Experto evalúa características como: capacidades, actitudes y aptitudes; el presente Sistema Experto se desarrolla con un enfoque al área de la psicología, por lo cual se debe de buscar a un experto psicológico o un libro, siendo este último la opción adoptada para el desarrollo del prototipo de la presente tesis.

Con la ayuda de un texto y algún experto relacionado al área de la Psicología, se definió la forma en la que se estructuro el Sistema Experto y la forma en que se realiza la tarea mediante conceptos sobre la evaluación aun postulante a residencia médica y la posterior elección de una especialidad.

También se identificó los participantes que intervienen, los roles que tienen y las relaciones existentes entre los mismos; en la Figura 3.2 se puede observar dicha relación:

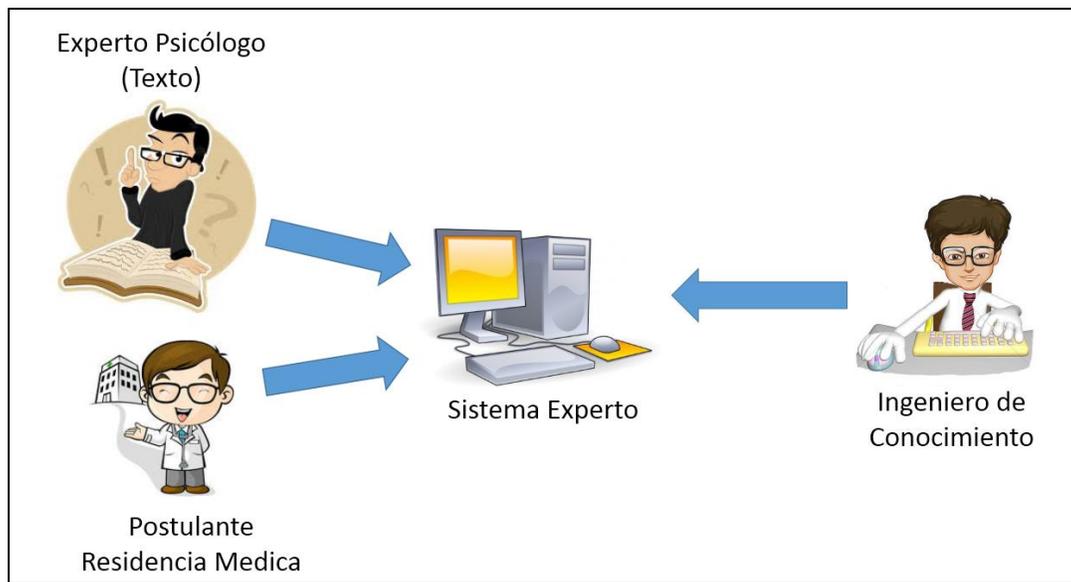


Figura 3.2 Componentes que intervienen en el desarrollo del Sistema Experto  
Fuente: Elaboración Propia

El Sistema Experto es el resultado de la contribución del experto y el ingeniero del conocimiento, además se considera a los pacientes y el experto psicólogo que proporcione el conocimiento necesario para el contenido.

La descripción del conocimiento del psicólogo o texto, se halla estructurada por un conjunto de signos y convenciones que permiten simbolizar los hechos que suceden en un proceso de diagnóstico, para la representación del conocimiento se utiliza lógica de proposiciones y reglas de inferencias, las últimas son para inferir las inserciones, las incertidumbres son representadas a través de la lógica difusa.

Los componentes del Sistema Experto propuesto, están definidos bajo los siguientes criterios: la base de conocimiento, contiene el conocimiento del experto psicólogo convenientemente formalizado y estructurado; la representación del conocimiento es sencilla y mediante reglas, se utilizó la lógica difusa para la elaboración de los conjuntos difusos y de las preguntas que tenían varias respuestas posibles.

Esta etapa permitió identificar los requerimientos para comenzar a diseñar el prototipo así como delimitar los alcances del mismo.

## 3.2.2 CONCEPTUALIZACIÓN

### 3.2.2.1 ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

El conocimiento de los expertos se adquiere mediante entrevistas y la observación del trabajo de los profesionales, además de la lectura y análisis de libros, documentos y artículos, así como se muestra en la Figura 3.3.

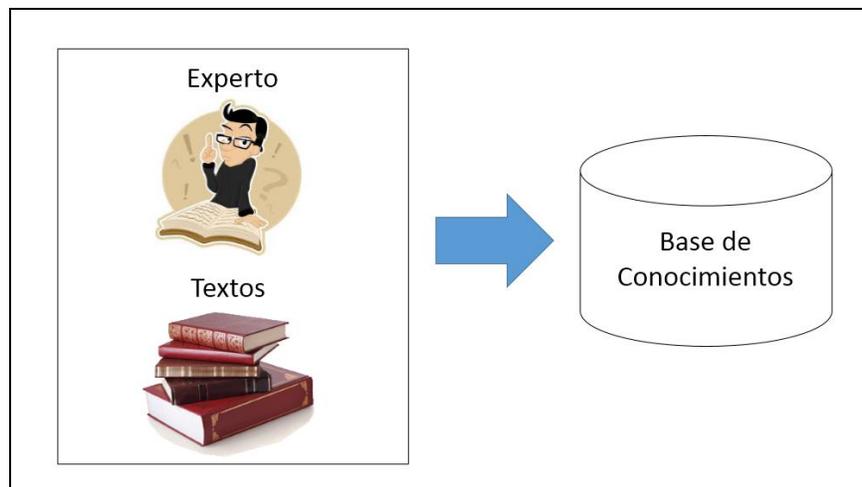


Figura 3.3 Adquisición del Conocimiento  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2.2 CONOCIMIENTO ABSTRACTO

Se analizó los conceptos vertidos por el psicólogo. Las conclusiones y definiciones más relevantes que se obtuvieron son:

- La base de elección de una especialidad médica se centra en la preferencia de capacidades, actitudes y aptitudes realizadas por el individuo más una serie de intereses características de cada especialidad.
- Existen diferentes tipos de alternativas en la elección de una especialidad médica y la clasificación varía de acuerdo a las preferencias, Figura 3.4.

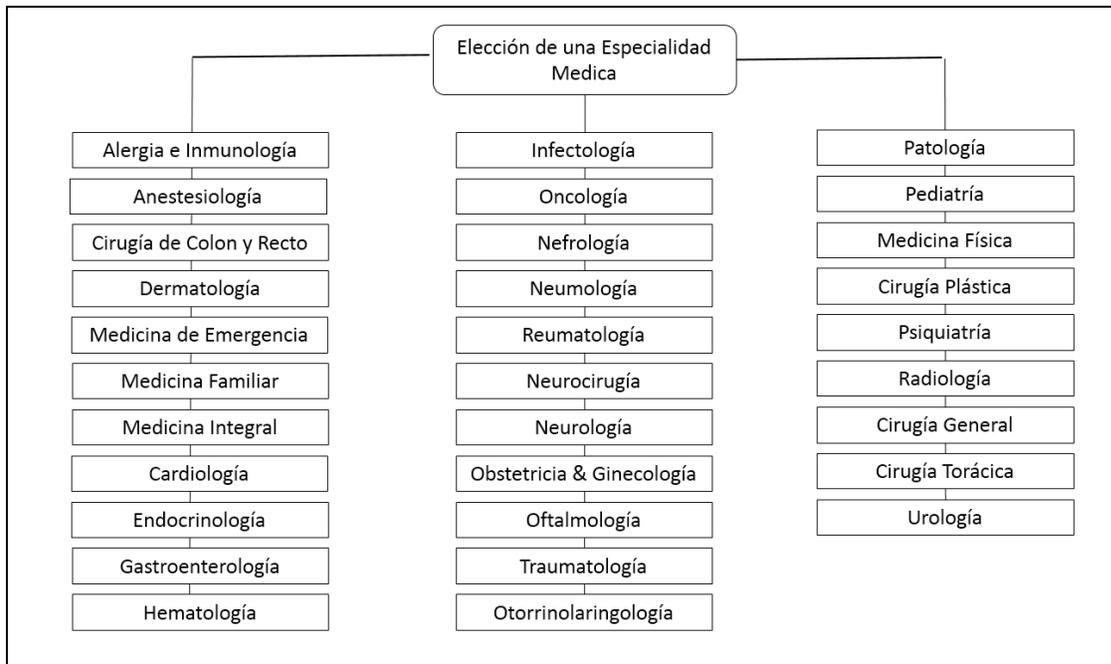


Figura 3.4 Representación de la clasificación de Especialidades Medicas

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2.3 BASE DE HECHOS

Representa el conocimiento del sistema en un instante dado, almacena los datos recibidos del paciente y está directamente enlazada con la base de conocimiento.

Un hecho puede provocar el disparo de una regla. A continuación se exponen los hechos extractados de los casos dados por el psicólogo. Según a las tendencias más comunes que presentan las personas para la elección de una especialidad médica.

1. El postulante a residencia que tiene preferencia por los retos, aprendiendo constantemente de nuevos hechos, dotes de investigación, tendencia a preocuparse por los demás, atención al paciente, buenas habilidades para la comunicación, talento para enseñar, pacientes, cómodos en actividades de investigación, disfrutar de la atención hacia los pacientes, capacidad de organización y capacidad de gestionar y motivar a las personas, entonces puede optar por Alergia e Inmunología.

2. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Prestar atención a los detalles, capacidad de concentración, exactitud, precisión, paciente, capacidad de recopilar datos, reacción rápida, destreza manual, soportar largas horas de trabajo, ver inmediatamente resultados y trabajo en equipo, entonces puede optar por Anestesiología.
3. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Destreza manual, decisivos (tranquilos pero firmes), satisfacción al ayudar a los pacientes, aguantar largas horas de trabajo, características similares a un cirujano general, entonces puede optar por Cirugía de Colon y Recto.
4. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Observación (capaz de ver y sentir el trastorno de precisión), escuchar (ser conscientes de las percepciones de la enfermedad del paciente), destreza manual (suturas), sentir empatía por los pacientes, satisfacción por ver resultados visibles, entonces puede optar por Dermatología.
5. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Trabajo en equipo, bases sólidas en distintas áreas de la medicina, altamente activos (toma de acciones rápidamente), fríamente lógicos, capaz de organizar varias tareas y personas a la vez, tranquilos, rapidez (para la toma de decisiones), entonces puede optar por Medicina de Emergencia.
6. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Capacidad de relacionarse de manera positiva con las personas, conocimiento en distintas áreas de la medicina, alto grado de organización, intelectualmente seguro frente a la ambigüedades, humanista, interés por la vida de las personas, facilidad de palabra, habilidad para escuchar, entonces puede optar por Medicina Familiar.
7. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Buena capacidad científica, paciente, persistente, perseverante, capacidad para trabajar largas horas, reflexivo y

cauto antes que activo y agresivo, buen oyente, entonces puede optar por Medicina Integral o Interna.

8. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Destreza manual, conocimiento científico riguroso, combinado con escepticismo, tacto, sensibilidad, vigor físico, disfrutar de resolver problemas altamente complejos, concentración y largas horas de trabajo bajo presión respecto al tiempo, entonces puede optar por Cardiología.
9. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Paciencia, tener un enfoque organizado para estudios de diagnósticos, comprensión, actitud de apoyo hacia el paciente, simpático, tener curiosidad intelectual, interés por los pacientes, buen oyente, entonces puede optar por Endocrinología.
10. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Capacidad técnica y/o manual, capacidad de análisis, interés por los pacientes, capacidad de escuchar, entonces puede optar por Gastroenterología.
11. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Gusto por la tecnología, perspicaz, facilidad de palabra, ser consciente de su propia mortalidad, compasivo, comprensivo, paciente y no agresivo, entonces puede optar por Hematología.
12. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Conocimiento de la medicina en general, actualización constante, pensamiento lógico capaz de integrar datos complejos, atento a los detalles, sociable, alto nivel de energía, soportar largas horas de trabajo, entonces puede optar por Infectología.
13. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Estar consciente de su propia mortalidad, facilidad de palabra, sociable, ayudar a personas que están en situaciones de crisis, optimista, paciente, honesto, empático, interés en la vida de los pacientes,

distracciones fuera de la medicina para evitar posible agotamiento, satisfacción por pequeños logros, entonces puede optar por Oncología.

14. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Estar consciente de su propia mortalidad, sociable, perseverante, optimista, detallista, decisivo, enérgico, pacientes y sentir satisfacción por pequeños logros, entonces puede optar por Nefrología.

15. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Destreza manual, habilidades en la comunicación, buen trato con los pacientes y sus familias, curiosidad intelectual, estabilidad emocional, resolución de problemas complejos, tenaces y objetivos, entonces puede optar por Neumología.

16. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Pacientes, comprensivos, cuidado y atención del paciente, buena comunicación, buen trato con personas adultos mayores, estar consciente de su propia mortalidad y satisfacción por pequeños logros, entonces puede optar por Reumatología.

17. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Destreza manual, paciencia, detallista, altamente organizado, confianza en sí mismo, resolución de problemas complejos, entonces puede optar por Neurocirugía.

18. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Gusto por el análisis matemático, buen oyente, detallista, resolución de problemas complejos, gusto por la investigación, entonces puede optar por Neurología.

19. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Buen oyente, empatía por los problemas de las personas, tolerancia a largas horas de trabajo, calmado, enérgico, animado, gusto por las soluciones inmediatas, destreza manual (en menor grado), entonces puede optar por Obstetricia y Ginecología.

20. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Destreza manual, coordinación mano-ojo, enfoque tranquilo, detallista, paciente, buen trato a los pacientes, placer de ayudar a los demás, gusto por los desafíos, tolerancia a actividades monótonas, entonces puede optar por Oftalmología.
21. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Destreza manual, coordinación mano-ojo, conocimiento en la mecánica física, buen oyente, activo, gusto por los resultados rápidos, pero a la vez pacientes y gusto por los desafíos, entonces puede optar por Traumatología.
22. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Destreza manual, buen sentido artístico, gusto por actividades técnicas, activo, decisivo, perfeccionista, gusto por los desafíos y gusto por las respuestas o resultados rápidos, habilidades de comunicación, entonces puede optar por Otorrinolaringología.
23. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Fuerte orientación científica, enfoque sistemático a los problemas y tener un sentido de rigor, interés por el detalle y la precisión, gusto por la resolución de problemas complejos y habilidades de gestión, entonces puede optar por Patología.
24. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Afinidad natural para los niños, inculcar confianza, buen oyente, organizado, capacidad de enseñar y motivar a los demás, sociable, comunicativo, paciente, sensible, resultados a largo plazo y aceptar la gratificación atrasada, entonces puede optar por Pediatría.
25. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Gustos por las actividades físicas, optimista, persistente, sociable, trabajo en equipo, buena gestión, buen oyente, capacidad de encontrar soluciones creativas, satisfacción por los pequeños éxitos y resultados a largo plazo, entonces puede optar por Medicina Física.

26. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Sentido artístico y estético, atención al detalle, coordinación mano-ojo, imaginación, tolerancia a largas jornadas y horas de trabajo en cirugía y satisfacción por los resultados visibles, entonces puede optar por Cirugía Plástica.
27. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Desarrollo de habilidades interpersonales, sociable (buena relación médico-paciente), facilidad de palabra, buen oyente, gusto por cuestionar, teórico, analítico, satisfacción de resultados a largo plazo, entonces puede optar por Psiquiatría.
28. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Gusto por la tecnología, análisis matemático, coordinación mano-ojo, curiosos intelectualmente, gusto por los desafíos intelectuales como los puzles, entonces puede optar por Radiología.
29. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Tolerancia a largas horas de trabajo, decisivos (capacidad de pensar, decidir y actuar con rapidez), "hacedores" y poco "habladores", destreza manual, perfeccionistas, gusto por la resolución de problemas, capacidad de recordar gran cantidad de información, entonces puede optar por Cirugía General.
30. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Inclínación intelectual y científica, habilidades técnicas, coordinación mano-ojo, pensamiento lógico, calmado frente a catástrofes inminentes, motivados, seguros de sí mismo, organizados, decisivo y gusto por los resultados a corto plazo, entonces puede optar por Cirugía Torácica.
31. El postulante a residencia que tiene como habilidades: Destreza manual, coordinación mano-ojo, buen oyente, facilidad de palabra, gusto por las actividades cortas y rápidas, seguro de sí mismo, entonces puede optar por Urología.

### 3.2.3 FORMALIZACIÓN

#### 3.2.3.1 BASE DE CONOCIMIENTO

Para representar la base de conocimiento del experto se tomaron en cuenta, el formalismo basado en acciones como también el conocimiento abstracto, del experto humano y el conocimiento poco preciso para lo que usamos la lógica difusa y convenientemente se trabaja formalizando y estructurando.

La base de conocimiento, está conformada por un conjunto de reglas definidas de acuerdo a un conjunto de hechos.

#### 3.2.3.2 DEFINICIÓN Y CODIFICACIÓN DE VARIABLES

El sistema experto lee los datos ingresados, los resultados que obtendrá a través de las respuestas que contiene el Sistema Experto, las preguntas son necesarias para el desarrollo del sistema.

Se realizaran preguntas, referente a la tendencia sobre alguna de ellas, cuyas respuestas son las siguientes:

- Ninguna
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

A continuación se muestra la tabla de variables lingüísticas.

Nro	Variable Lingüística	Descripción
1	RESPDEF	Buscar respuestas definitivas
2	SEREXTR	Ser extrovertido

3	PCALPRE	Preferir un calendario previsto
4	DISFFEXP	Disfrutar de ser un "experto"
5	ACTPERS	Ser activo con las personas
6	SERTRIF	Ser un triunfador
7	VALINDP	Valorar altamente la independencia personal
8	ABACREP	Aburrirse con la actividad repetitiva
9	DESMAN	Tener destreza manual
10	DISFPROB	Disfrutar de la resolución de problemas complejos
11	GUSTDES	Tener gusto por los desafíos
12	DISFTDES	Disfrutar de la toma de decisiones
13	VERINTA	Necesidad ver inmediatamente resultados tangibles de los esfuerzos
14	SERPERF	Ser perfeccionista
15	ALTNIVE	Tener un alto nivel de energía
16	BUSPOBS	Buscar posibilidades
17	PENLOGM	Pensar lógicamente
18	SERBULI	Ser un buen líder
19	FREPMED	Hacer frente a los problemas de una manera directa mediante la adopción de medidas
20	DISFCPER	Disfrutar de cuidar de las personas
21	IDEMODS	Identificarse con modelos a seguir
22	TDECRAP	Tomar decisiones rápidamente
23	EXPERSI	Exigir la perfección de sí mismo y de los demás
24	HACCHAR	Ser un "hacedor" en lugar de un "charlatán"
25	ORIVISU	Estar orientado visualmente
26	VALTLIB	Valorar el tiempo libre
27	RESPDEF	Querer respuestas definitivas

28	SERTOLE	Ser tolerante
29	INTFMED	Tener muchos otros intereses fuera de la medicina
30	PREGPRQ	Preguntar él porque
31	PENLUHA	Pensar el lugar de hacer
32	TOLDESC	Tolerar lo desconocido
33	ACEPLAP	Aceptar resultados a largo plazo
34	INTECGE	Interés en escuchar a la gente
35	ACCEPTPER	Aceptar a las personas tal como son
36	SEREMPR	Ser una persona emprendedor
37	COORTAR	Ser capaz de coordinar las tareas
38	JUGEQU	Jugar en equipo
39	DISFRELPR	Disfrutar de la resolución de problemas
40	ORGPERS	Gustar de organizar a las personas
41	SATAPERS	Sentir satisfacción por ayudar a las personas
42	SERAMIG	Ser amigable
43	BUSAPROB	Buscar la aprobación de los demás
44	ATENDET	Prestar atención a los detalles
45	PARTVID	Interés en participar en las vidas de las demás personas
46	RESPCPER	Querer la responsabilidad de cuidar de las demás personas
47	COORPT	Disfrutar de coordinar tanto a personas, como a tareas
48	CONTPEX	Estar contentos con pequeños éxitos
49	BUSPOSIB	Buscar lo que es posible
50	ACEPINTH	Aceptar interrupciones de horario
51	TOLDEMS	Ser tolerante con los demás
52	DISFENPER	Disfrutar enseñando a las personas

53	DISFARM	Disfrutar de la armonía
54	EVIDPREOB	Querer evidencia precisa y objetiva de información
55	SERLOG	<u>Ser lógico</u>
56	CTRLSIT	Gustar de tener el control sobre una situación
57	HACNPEN	Ser un “hacedor” y no un “pensador”
58	SEROBJ	Ser objetivo
59	SERDECS	Ser decisivo
60	LARJOTR	Aceptar largas jornadas de trabajo
61	CALSIMP	Ser cálido y simpático
62	CALCRIS	Mantener la calma en una crisis
63	ADAPCAM	Adaptarse fácilmente a los cambios
64	DISFTECN	Disfrutar de la tecnología
65	INCLMAT	Inclinación por las matemáticas
66	APRNUCS	Gustar aprender nuevas cosas
67	ACADEST	Ser académico, gusto por el estudio.
68	SEGSMIS	Ser seguro de sí mismo
69	DISF	Disfrutar del cuidado de los pacientes
70	SERCDET	Ser compulsivo acerca de los detalles
71	SATPGAN	Encontrar satisfacción en las pequeñas ganancias
72	APTMEC	Tener aptitudes para la mecánica
73	SERPERS	Ser perseverante
74	ACEPDES	Aceptar desafíos
75	SEROPT	Ser optimista
76	DESAYU	Tener un fuerte deseo de ayudar a la gente
77	COMORT	Estar cómodo con su propia mortalidad

78	MDRGR	Ser capaz de manejar la derrota con gracia
79	INCPMD	Estar incómodo con problemas mal definidos
80	BUSREX	Buscar resultados excelentes
81	PRRESOL	Problemas al rechazar las solicitudes
82	PRENFT	Preferencia por las enfermedades tratables.
83	VALORG	Valorar altamente la organización.
84	ENEPERS	Ser enérgico con las demás personas
85	LARHTR	Estar dispuesto a trabajar largas horas
86	INTPRS	Interés por las demás personas
87	PRFTN	Preferir trabajar con niños.
88	SERDEC	Ser serio y decidido en lugar de ir por lo fácil
89	PENHAC	Ser un "pensador" en lugar de un "hacedor"
90	CUIDEL	Ser cuidadoso y deliberado
91	RELPLZ	Disfrutar de las relaciones a largo plazo con las personas
92	HABESC	Tener buenas habilidades para escuchar
93	SERBCO	Ser un buen coordinador
94	TODMED	Querer hacerlo todo con respecto a la medicina
95	COMDEM	Comunicarse bien con los demás
96	ORGPERS	Ser capaz de organizar a otras personas
97	RESPFA	Gustar tener la responsabilidad del cuidado total de los pacientes y sus familias
98	CONPTD	Estar contento con saber "un poco de todo"
99	DISINP	Disfrutar de estar involucrado en la vida de los pacientes
100	EXPLTE	Confiar en la experiencia en lugar de la teoría
101	ACTDES	Actuar con decisión
102	SERAVT	Ser aventurero

103	COMPER	Comunicarse fácilmente con las demás personas
104	INTFMED	Tener intereses fuera de la medicina
105	RESRAP	Buscar la obtención de resultados rápidamente.
106	MASCAL	Ser capaz de hacer más de una cosa a la vez
107	DIFRPZ	Disfrutar de la resolución de puzles
108	COMARP	Estar cómodo haciendo la misma actividad repetidamente
109	ATLRPZ	Tener una capacidad de atención de largo plazo
110	DIFINV	Disfrutar de la investigación

Tabla 3.1 Variables Lingüísticas  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.3.3 MOTOR DE INFERENCIA

### 3.2.3.4 FUZZIFICACIÓN DE LAS VARIABLES LINGÜÍSTICAS DE ENTRADA

Transformando las variables lingüísticas de entrada de las funciones de pertenencia adecuada a cada situación, de los cuales si la respuesta es “sí” o “no”, “me describe”, “no me describe” y otros, no necesitan función de pertenencia ya que utiliza la lógica clásica que es igual a verdad o falso, en cambio para las otras respuestas que tienen más opciones como “siempre”, “casi siempre”, “casi nunca”, “nunca”, “poco”, “algunas veces” o de tipo “desacuerdo”, “muy en desacuerdo”, “de acuerdo” y “muy de acuerdo”, deben estar representadas por una función de pertenencia donde se evalúan las respuestas, así también para la evaluación de capacidades, aptitudes y actitudes para la optar por una especialidad médica que mide la escala: “Ninguna”, “Bajo”, “Medio”, “Alto” y “Muy Alto”.

A continuación se presenta los conjuntos difusos para ver cómo trabajan las variables lingüísticas de entrada que tienen varias respuestas y sus correspondientes funciones de pertenencia.

Se ha definido un único conjunto difuso que se pueden observar en la Figura 3.5.

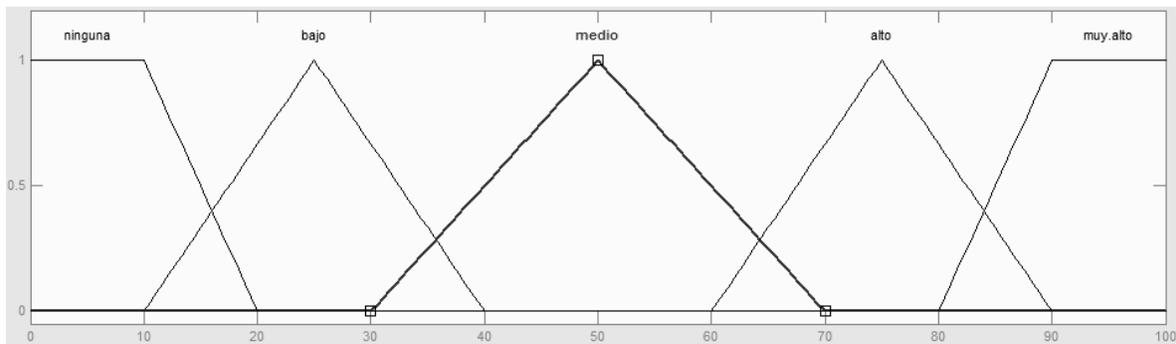


Figura 3.5 Función de Membresía  
Fuente: Elaboración Propia

Las variables de entrada pueden tomar valores entre 0 y 100. Las etiquetas lingüísticas asociadas a la función de membresía son las siguientes:

- “Ninguna” representada mediante una función trapezoidal con coordenadas: (0, 0), (0, 1), (10, 1) y (20, 0)
- “Bajo” representada mediante una función triangular con coordenadas: (10, 0), (25, 1) y (40, 0)
- “Medio” representada mediante una función triangular con coordenadas: (30, 0), (50, 1) y (70, 0)
- “Alto” representada mediante una función triangular con coordenadas: (60, 0), (75, 1) y (90, 0)
- “Muy Alto” representada mediante una función trapezoidal con coordenadas: (80, 0), (90, 1), (100, 1) y (100, 0)

En la Tabla se puede observar con mayor detalle las funciones de pertenencia:

<b>Ninguna(x)</b>	$0$ $(20 - x)$ $1$	$Si x \geq 20$ $Si 10 \leq x \leq 20$ $Si x \leq 10$
<b>Bajo(x)</b>	$1$ $(x - 10)/2$ $(40 - x)/2$ $0$	$Si x = 25$ $Si 10 \leq x \leq 25$ $Si 25 \leq x \leq 40$ $Si x \leq 10 \text{ or } Si x \geq 40$

<b>Medio(x)</b>	$1$ $(x - 30)/2$ $(70 - x)/2$ $0$	$Si\ x = 50$ $Si\ 30 \leq x \leq 50$ $Si\ 50 \leq x \leq 70$ $Si\ x \leq 30\ or\ Si\ x \geq 70$
<b>Alto(x)</b>	$1$ $(x - 60)/2$ $(90 - x)/2$ $0$	$Si\ x = 75$ $Si\ 60 \leq x \leq 75$ $Si\ 75 \leq x \leq 90$ $Si\ x \leq 60\ or\ Si\ x \geq 90$
<b>Muy Alto(x)</b>	$0$ $(x - 80)$ $1$	$Si\ x \leq 80$ $Si\ 80 \leq x \leq 90$ $Si\ x \geq 90$

Tabla 3.2 Funciones de Pertenencia

Fuente: Elaboración Propia

La preferencia al momento de seleccionar una opción se ha medido con un porcentaje:

- “Ninguna” Si la persona no tiene ninguna tendencia con la pregunta, estará en el rango de 0 a 20
- “Bajo” Si la persona tiene una tendencia baja, estará en el rango de 10 a 40.
- “Medio” Si la persona tiene una tendencia media, estará en el rango de 30 a 70.
- “Alto” Si la persona tiene una tendencia alta, estará en el rango de 60 a 90.
- “Muy Alto” Si la persona tiene una tendencia muy alta, estará en el rango de 80 a 100.

### 3.2.3.5 DESARROLLO DE REGLAS

De acuerdo a la estructura de un sistema experto, la base de conocimiento para el Sistema Experto está formada por reglas, más específicamente; está formada por reglas difusas, se propone una relación: Tendencia o Preferencias con Resultado o Diagnostico, donde los hechos son representaciones de las preferencias para el resultado.

IF <HECHO PREMISA> THEN <DECISIÓN-CONCLUSION>

Donde:

IF: PREMISAS

Son los hechos observados, captura de tendencias.

<Datos provistos a través de cada pregunta>

THEN: CONCLUSIONES

Posible Especialidad Médica a Optar

A continuación se muestra algunas de las reglas que contiene el Sistema Experto, para la obtención de especialidades médicas a estudiar.

REGLA 1

IF

GUSTDES es muy alto and DISFCPER es alto and APRNUCS es alto and PREGPRQ es alto and COMARP es medio and INTPRS es medio and RESPFA es medio RELPLZ es bajo and ACTDES es bajo and TODMED es ninguna and SERAVT es ninguna.

THEN

optar por Alergia e Inmunología

REGLA 2

IF

SEREXTR es muy alto and DISFFEXP es muy alto VALINDP es medio and ACTDES es bajo and PENLOGM es ninguna and DISFPROB es muy alto and DISFCPER es alto and COMORT es alto and PREGPRQ es alto and SERDEC es medio and HACCHAR es alto and INTPRS es medio and PENLUHA es medio

THEN

optar por Anestesiología

### REGLA 3

IF

DIFINV es muy alto and CONTPEX es muy alto, DISFRELP es muy alto DIFRPZ es alto and COMPER es alto and DISINP es alto and COMARP es medio and CUIDEL es bajo and MDRGR es medio RELPLZ es bajo and SATPGAN es bajo and LARJOTR es ninguna and ACADEST es ninguna.

THEN

optar por Cirugía de Colon y Recto

### REGLA 4

IF

PENLUHA es muy alto and DISFCPER es alto and APRNUCS es alto and INTECGE es alto and VERINTA es alto and DISFPROB es alto and PCALPRE es alto and COMARP es medio and INTFMED es medio and RESPFA es medio RELPLZ es bajo and TDECRAPE es bajo and TOLDESC es ninguna and PREGPRQ es medio.

THEN

optar por Dermatología

### REGLA 5

IF

RESPDEF es alto and COMARP es medio and TDECRAPE es medio and SEREMPR es medio EVIDPREOB es bajo and ACTDES es bajo and DISFENPER es ninguna and COMORT es ninguna and GUSTDES es muy alto and DISFCPER es muy alto and SEGSMIS and CALSIMP es muy alto and CTRLSIT es muy alto and COORPT es muy alto.

THEN

optar por Medicina de Emergencia

## REGLA 6

IF

COMARP es medio and PRRESOLes medio and RESPFA es medio RELPLZ es bajo and SERAVT es bajo and RELPLZ es ninguna and SERAVT es ninguna and SERDECS es muy alto and CTRLSIT es alto and SATPGAN es alto and PREGPRQ es alto and MASCAL es alto and ENEPERS es muy alto and HABESC es muy alto.

THEN

optar por Medicina Familiar

## REGLA 7

IF

SERAVT es alto and MASCALes medio and TDECRAPE es medio and SEREMPR es medio RESPFA es bajo and ACTDES es bajo and SERPERS es alta and COMORT es ninguna and GUSTDES es muy alto and DISFCPER es muy alto and INCLMAT es muy alto and CALSIMP es muy alto and CTRLSIT es muy alto and COORPT es muy alto.

THEN

optar por Medicina Interna

## REGLA 8

IF

GUSTDES es muy alto and DISFCPER es muy alto and RESPDEF es alto and APTMEC es medio and TDECRAPE es medio and SEREMPR es medio EVIDPREOB es bajo and ACTDES es medio and APRNUCS es alto and PREGPRQ es alto and COMARP es medio and INTPRS es medio and RESPFA es medio RELPLZ es bajo and ACTDES es bajo and TODMED es ninguna and SERAVT es ninguna.

THEN

optar por Cardiología

## REGLA 9

IF

VALORG es muy alto and DISF es alto and APRNUCS es alto and PREGPRQ es alto and COMARP es medio and ACEPDES es medio and SERLOGes medio LARJOTR es bajo and ACTDES es bajo and PRFTN es ninguna and PRRESOL es medio.

THEN

optar por Endocrinología

## REGLA 10

IF

HACNPEN es alto and SEROBJ es alto and DISF es alto and DISF es alto and INCLMAT es alto and CTRLSIT es alto and PREGPRQ es alto and COMARP es medio and INTPRS es medio and RESPFA es medio SERCDET es bajo and DESAYU es bajo and TODMED es medio and PRRESOL es medio and DISFARM es bajo and LARJOTR es bajo and SEGSMIS es ninguna and ACEPDES es medio.

THEN

optar por Gastroenterología

## REGLA 11

IF

SEROPT es muy alto and APTMEC es muy alto and ACADEST es muy alto and PRFTN es muy alto and ACEPDES es alto and LARJOTR es alto and INCLMAT es alto and COMORT es alto and DISFARM es medio and INTPRS es medio and HACNPEN es medio RELPLZ es bajo and ACTDES es bajo and TODMED es ninguna and SERAVT es medio

THEN

optar por Hematología

## REGLA 12

IF

RESPDEF es alto and COMARP es medio and TDECRAP es medio and SEREMPR es medio  
EVIDPREOB es bajo and PREGPRQ es bajo and DISFENPER es ninguna and COMORT es  
ninguna and GUSTDES es muy alto and DISFCPER es muy alto and SEGSMIS and CALSIMP es  
muy alto and CTRLSIT es muy alto and COORPT es muy alto.

THEN

optar por Infectología

## REGLA 13

IF

PENLUHA es muy alto and DISFCPER es alto and APRNUCS es alto and INTECGE es alto and  
VERINTA es alto and DISFPROB es alto and PCALPRE es alto and COMARP es medio and  
INTFMED es medio and RESPFA es medio RELPLZ es bajo and TDECRAP es bajo and  
TOLDESC es ninguna and PREGPRQ es medio.

THEN

optar por Cirugía de Oncología

## REGLA 14

IF

SEREXTR es muy alto and DISFFEXP es muy alto VALINDP es medio and ACTDES es bajo and  
PENLOGM es ninguna and DISFPROB es muy alto and DISFCPER es alto and COMORT es alto  
and PREGPRQ es alto and SERDEC es medio and HACCHAR es alto and INTPRS es medio and  
PENLUHA es medio

THEN

optar por Nefrología

## REGLA 15

IF

HACNPEN es muy alto and SERLOG es muy alto and RESPDEF es alto and APTMEC es medio and TDECRAP es medio and SEREMPR es medio EVIDPREOB es bajo and ACTDES es medio and SEROBJ es alto and PREGPRQ es alto and COMARP es medio and INTPRS es medio and RESPFA es medio RELPLZ es bajo and ACTDES es bajo and TODMED es ninguna and SERAVT es ninguna.

THEN

optar por Cirugía de Neumología

## REGLA 16

IF

SEREMPR es muy alto and COORTAR es alto and SERAMIG es muy alto and DISFCPER es alto and APRNUCS es alto and PREGPRQ es alto and COMARP es medio and INTPRS es medio and RESPFA es medio RELPLZ es bajo and ACTDES es bajo and TODMED es ninguna and SERAVT es ninguna.

THEN

optar por Reumatología

## REGLA 17

IF

COORPT es muy alto and DISF es alto and APRNUCS es alto and PREGPRQ es alto and COMARP es medio and ACEPDES es medio and SERLOGes medio LARJOTR es bajo and ACTDES es bajo and PRFTN es ninguna and PRRESOL es medio.

THEN

optar por Neurocirugía

### 3.2.3.6 DEFUZZIFICACIÓN DE LAS VARIABLES LINGÜÍSTICAS DE ENTRADA

Para explicar más detalladamente, la Fuzzificación de los términos que presenta ambigüedad se toma el siguiente caso:

El estudiante tiene tendencia a: Prestar atención a los detalles; respuesta ninguna, ser tolerante con los demás; respuesta alto, valorar altamente la organización; respuesta muy alto, preguntar él porque; respuesta medio, Disfrutar del cuidado de los pacientes; respuesta alto, Interés en escuchar a la gente; respuesta muy alto. La interpretación de la especialidad que se adapta más a sus capacidades, actitudes y aptitudes es el interés por Endocrinología.

Para explicar la interpretación de la respuesta obtenida por el Sistema Experto de la sugerencia por optar a una especialidad médica, se toma en cuenta las siguientes variables; Prestar atención a los detalles, Ser tolerante con los demás, Valorar altamente la organización, Preguntar él porque, Disfrutar del cuidado de los pacientes, Interés en escuchar a la gente. Las demás variables no se las toma en cuenta ya que no representan ningún valor para la interpretación de selección de un área, para el presente ejemplo.

- **Prestar atención a los detalles.**

Se toma el valor de 15 para “prestar atención a los detalles” que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

Ninguna(x)	$\begin{matrix} 0 \\ (20 - x) \\ 1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} \text{Si } x \geq 20 \\ \text{Si } 10 \leq x \leq 20 \\ \text{Si } x \leq 10 \end{matrix}$
------------	--	--

$$\mu_{(ninguna)}(15) = (20 - 15) = 5$$

- **Ser tolerante con los demás.**

Se toma el valor de 65 para “ser tolerante con los demás” que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

Alto(x)	$\frac{1}{(x - 60)/2}$ $\frac{(90 - x)/2}{0}$	<p><b>Si <math>x = 75</math></b>  <b>Si <math>60 \leq x \leq 75</math></b>  <b>Si <math>75 \leq x \leq 90</math></b>  <b>Si <math>x \leq 60</math> or Si <math>x \geq 90</math></b></p>
---------	---	---

$$\mu_{(alto)}(65) = (65 - 60)/2 = 2.5$$

- **Valorar altamente la organización.**

Se toma el valor de 85 para “valorar altamente la organización” que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

Muy Alto(x)	$\frac{0}{(x - 80)}$ $1$	<p><b>Si <math>x \leq 80</math></b>  <b>Si <math>80 \leq x \leq 90</math></b>  <b>Si <math>x \geq 90</math></b></p>
-------------	--------------------------	---

$$\mu_{(muy\ alto)}(85) = (85 - 80) = 5$$

- **Preguntar el porqué.**

Se toma el valor de 45 para “Preguntar por qué” que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

Medio(x)	$\frac{1}{(x - 30)/2}$ $\frac{(70 - x)/2}{0}$	<p><b>Si <math>x = 50</math></b>  <b>Si <math>30 \leq x \leq 50</math></b>  <b>Si <math>50 \leq x \leq 70</math></b>  <b>Si <math>x \leq 30</math> or Si <math>x \geq 70</math></b></p>
----------	---	---

$$\mu_{(medio)}(45) = (45 - 30)/2 = 7.5$$

- **Disfrutar del cuidado de los pacientes**

Se toma el valor de 80 para “Disfrutar del cuidado de los pacientes” que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

Alto(x)	$\frac{1}{(x - 60)/2}$ $\frac{(90 - x)/2}{0}$	<b>Si <math>x = 75</math></b> <b>Si <math>60 \leq x \leq 75</math></b> <b>Si <math>75 \leq x \leq 90</math></b> <b>Si <math>x \leq 60</math> or Si <math>x \geq 90</math></b>
---------	---	--

$$\mu_{(alto)}(80) = (90 - 80)/2 = 5$$

- **Interés en escuchar a la gente**

Se toma el valor de 95 para “valorar altamente la organización” que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

Muy Alto(x)	$\frac{0}{(x - 80)}$ $\frac{1}{1}$	<b>Si <math>x \leq 80</math></b> <b>Si <math>80 \leq x \leq 90</math></b> <b>Si <math>x \geq 90</math></b>
-------------	------------------------------------	--

$$\mu_{(muy\ alto)}(95) = 1$$

Ahora se utiliza la función de Centros Promediados:

$$y = \frac{\text{Prestar atención a los detalles} * u_{(ninguna)} + \text{Ser tolerante con los demás} * u_{(alto)} + \text{Valorar altamente la organización} * u_{(muy\ alto)} + \text{Preguntar por que} * u_{(medio)} + \text{Disfrutar del cuidado de los pacientes} * u_{(alto)} + \text{Interes en escuchar a la gente} * u_{(muy\ alto)}}{u_{(ninguna)} + u_{(alto)} + u_{(muy\ alto)} + u_{(medio)} + u_{(alto)} + u_{(muy\ alto)}}$$

$$y = \frac{15 * 5 + 65 * 2.5 + 85 * 5 + 45 * 7.5 + 80 * 5 + 95 * 1}{5 + 2.5 + 5 + 7.5 + 5 + 1}$$

$$y = \frac{75 + 162.5 + 425 + 337.5 + 400 + 95}{5 + 2.5 + 5 + 7.5 + 5 + 1}$$

$y = 57.5$
------------

Por lo tanto se concluye que sugerencia a optar por un área de especialidad es de 57.5 que interpreta interés por la especialidad de Endocrinología, lo cual corrobora el experto humano.

### **3.2.4 IMPLEMENTACIÓN**

La implementación del prototipo viene dado gracias a la programación de las reglas y hechos alimentados al motor de inferencia.

Un lenguaje de programación para Sistemas Expertos debe satisfacer los requerimientos de la presentación del conocimiento, de las transformaciones que han de operar sobre esta representación.

El lenguaje CLIPS integra una sólida fundamentación a los conceptos fundamentales de la programación: hechos, cálculo de predicados para realizar la inferencia y sus formas de manipulación de manera que contribuya la base consistente de programación de las formas de representación y de procesamiento del conocimiento computacional no trivial y eficiente de un lenguaje de programación.

Las características mínimas del hardware son:

Un equipo Pentium CoreDuo con microprocesador de 1.5 GHz y memoria RAM de 1 GB, Sistema Operativo Windows 7 o versiones superiores.

Para la programación se utilizó PHP el cual tiene soporte para desarrollo de aplicaciones web basadas en la arquitectura Cliente/Servidor y su librería PHLips, el cual ofrece soporte para desarrollar sistemas que necesiten del lenguaje CLIPS. Estos programas son muy rápidos debido al compilador favorablemente perfeccionado.

Se ha desarrollado el sistema basado en el patrón Modelo Vista Controlador para mantener el orden de todos los componentes del Sistema Experto y realizar cambios fácilmente en la estructura del sistema.

### 3.2.5 PROTOTIPO

La Figura 3.6 muestra la pantalla de ingreso del prototipo para el Sistema Experto.

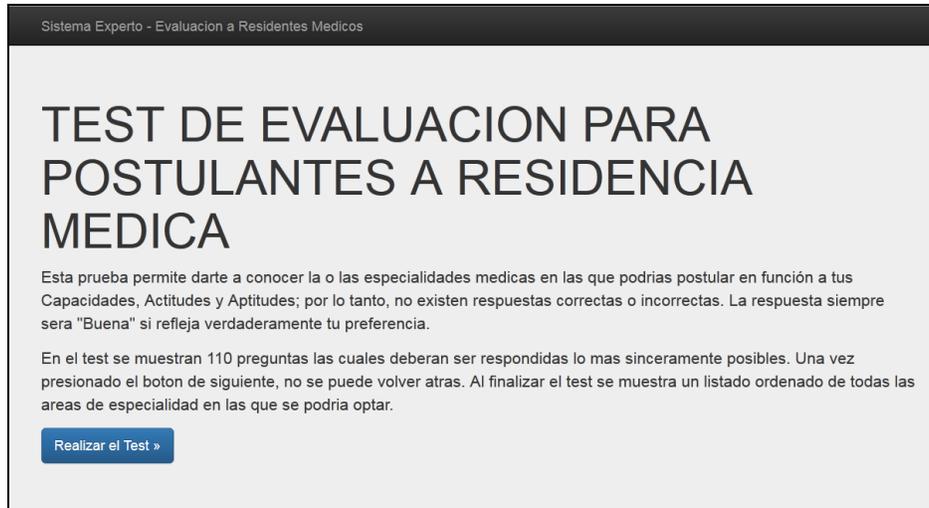


Figura 3.6 Pantalla Principal del Sistema Experto

Fuente: Elaboración Propia

Pulsando el botón Iniciar, comienza el test que cuenta con distintas preguntas, las cuales deben ser respondidas por los estudiantes o postulantes a residencia médica Figura 3.7.

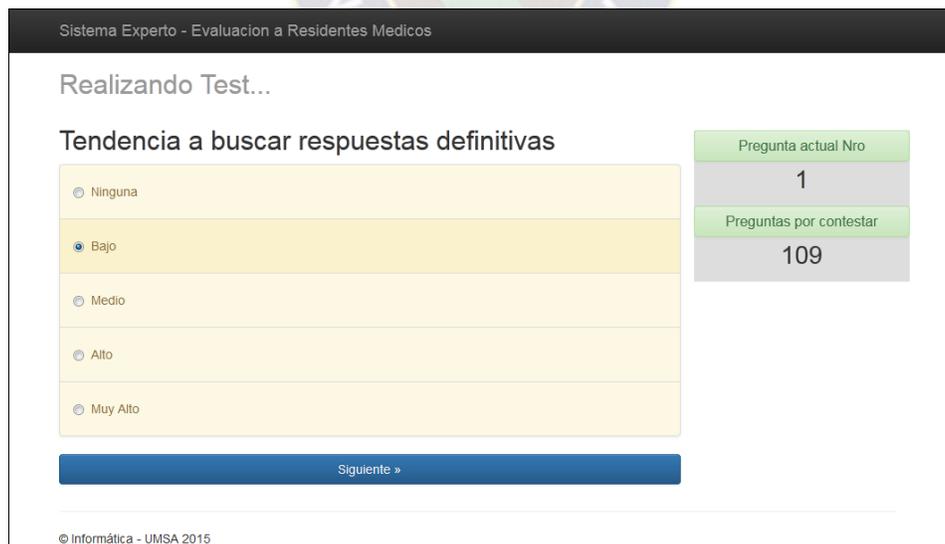


Figura 3.7 Pantalla de la primera pregunta

Fuente: Elaboración Propia

Para continuar con el test pulsar el botón siguiente, el cual permite realizar la siguiente pregunta Figura 3.8.

Sistema Experto - Evaluacion a Residentes Medicos

Realizando Test...

Tendencia a gustar de organizar a las personas

Ninguna

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

Pregunta actual Nro  
40

Preguntas por contestar  
70

Siguinte >

© Informática - UMSA 2015

Figura 3.8 Pantalla de la décima cuarta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

Cada Pantalla tiene una pregunta de selección múltiple las cuales deben ser elegidas por el estudiante o postulantes a residencia médica Figura.

Sistema Experto - Evaluacion a Residentes Medicos

Realizando Test...

Tendencia a aceptar largas jornadas de trabajo

Ninguna

Bajo

Medio

Alto

Muy Alto

Pregunta actual Nro  
60

Preguntas por contestar  
50

Siguinte >

© Informática - UMSA 2015

Figura 3.9 Pantalla de la décima sexta pregunta

Fuente: Elaboración Propia

Se debe contestar todas las preguntas para que el sistema funcione satisfactoriamente. Posteriormente se debe pulsar sobre el botón Resultados Figura.

Figura 3.10 Pantalla de la última pregunta  
Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la Figura se tiene la opción de imprimir un informe de los resultados obtenidos en función a los datos ingresados.

Posición	Especialidad	Puntaje
1	Patología	43
2	Psiquiatría	40
3	Neurología	39
4	Dermatología	39
5	Radiología	38
6	Cardiología	37
7	Neurología	37
8	Cirugía General	36
9	Endocrinología	35
10	Reumatología	34
11	Oncología	33

Figura 3.11 Pantalla de resultados  
Fuente: Elaboración Propia

## 4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 4.1.1 TESTEO

Observando el comportamiento del prototipo, el funcionamiento de la base de conocimiento y la estructura de las inferencias, se procede a verificar que el sistema experto sea eficiente. Para realizar esta etapa se procedió a comparar los resultados obtenidos por el experto humano y el Sistema Experto.

Para este fin, primero se debe determinar la muestra poblacional de postulantes a residencia que deseen optar por una especialidad médica, se utiliza la fórmula correspondiente al tamaño muestral para estimar una proporción, con esta fórmula se calcula el tamaño de la muestra ( $n$ ), cuando no se encuentra con el número de proporción verdadera de la población de estudio. [Moya, 2004]

Se procede a estimar la cantidad de postulantes a residencia que deseen un resultado de la elección de una carrera profesional, considerando que la población de la que se extrae la muestra es grande, con un nivel de confiabilidad de 95%, por otra parte y de acuerdo a las investigaciones realizadas se sabe que la cantidad de postulantes que deseen un resultado de la elección de una especialidad médica es del 20% y de error fijado es del 10%. [Taylor, 2013]

Para encontrar el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{z^2 \alpha/2 P e Q e}{E^2}$$

Donde:

- $z^2 \alpha/2$ : Es el coeficiente de confianza = 1.96, para un nivel de confianza de 95%

- $P_e$ : Es la proporción estimada de sujetos con la característica de interés. Se puede obtener de la revisión bibliográfica.  $P_e = 0.2$ .
- $Q_e = 1 - P_e$ : Proporción estimada de sujetos sin la característica de interés.  
 $Q_e = 1 - 0.20 = 0.8$ .
- $E$ : Es el error absoluto de muestreo o precisión, debe ser asumido por el investigador.  $E = 1$ .

Reemplazando los datos se tiene:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.8(0.2)}{(0.1)^2}$$

Donde:

$$n = 61.2$$

Se interpreta el resultado indicando que la muestra inicial debe ser 61 personas. Como segundo paso y sabiendo la cantidad de personas que podrían desear realizar la evaluación de sus capacidades, aptitudes y actitudes, se procedió a estimar el tamaño de la muestra a comparar, se utilizó las siguientes formulas estadísticas para el cálculo del tamaño de la muestra para poblaciones finitas [Moya, 2004].

$$n' = \frac{S^2}{E^2} \quad (1)$$

Donde:

- $S^2$ : Varianza de la muestra, también expresada en términos probabilísticos por:

$$S^2 = P(1 - P) \quad (2)$$

- $E^2$ : Es el error absoluto de muestreo o precisión, debe ser asumido por el investigador.

- $n'$ : Tamaño provisional de la muestra, luego esta se corrige ajustándolo con el tamaño de la población, mediante la fórmula:

$$n = \frac{n'}{1 + \frac{n'}{N}} \quad (3)$$

- $N$ : Tamaño de la población finita.

Como datos se tiene que  $N = 62$  personas,  $P = 0.2$  es decir que el 20% de postulantes a residencia médica solicitan los resultados obtenidos para la elección de una especialidad médica y se quiere calcular la muestra con un error de 0.05, entonces se calcula  $S^2$  utilizando (2):

$$S = 0.2(1 - 0.2) = 0.16$$

Reemplazando en (1):

$$n' = \frac{0.16}{(0.05)^2} = 64$$

Este resultado se utiliza para corregir el tamaño de la muestra y se reemplaza en la ecuación (3):

$$n = \frac{64}{1 + \frac{64}{61}} = 29.5 \cong 30$$

Por lo tanto el tamaño de la muestra para la comparación entre el Sistema Experto y el psicológico es de 31 diagnósticos. A continuación se muestra la comparación de resultados.

<b>Nro. De Muestras</b>	<b>Resultado Obtenido Experto Humano</b>	<b>Resultado Obtenido Sistema Experto</b>
1	Alergia e Inmunología	Alergia e Inmunología
2	Anestesiología	Anestesiología
3	Cirugía de Color y Recto	Cirugía de Color y Recto
4	Dermatología	Dermatología

5	Medicina de Emergencia	Medicina de Emergencia
6	Medicina Familiar	Medicina Familiar
7	Medicina Integral	Medicina Integral
8	Cardiología	Cardiología
9	Endocrinología	Endocrinología
10	Gastroenterología	Gastroenterología
11	Hematología	Hematología
12	Infectología	Infectología
13	Oncología	Oncología
14	Nefrología	Nefrología
15	Neumología	Neumología
16	Reumatología	Reumatología
17	Neurocirugía	Neurocirugía
18	Neurología	Neurología
19	Obstetricia & Ginecología	Obstetricia & Ginecología
20	Oftalmología	Oftalmología
21	Traumatología	Traumatología
22	Otorrinolaringología	Otorrinolaringología
23	Patología	Patología
24	Pediatría	Pediatría
25	Medicina Física	Medicina Física
26	Cirugía Plástica	Cirugía Plástica
27	Psiquiatría	Psiquiatría
28	Radiología	Radiología
29	Cirugía General	Cirugía General
30	Cirugía Torácica	Cirugía Torácica

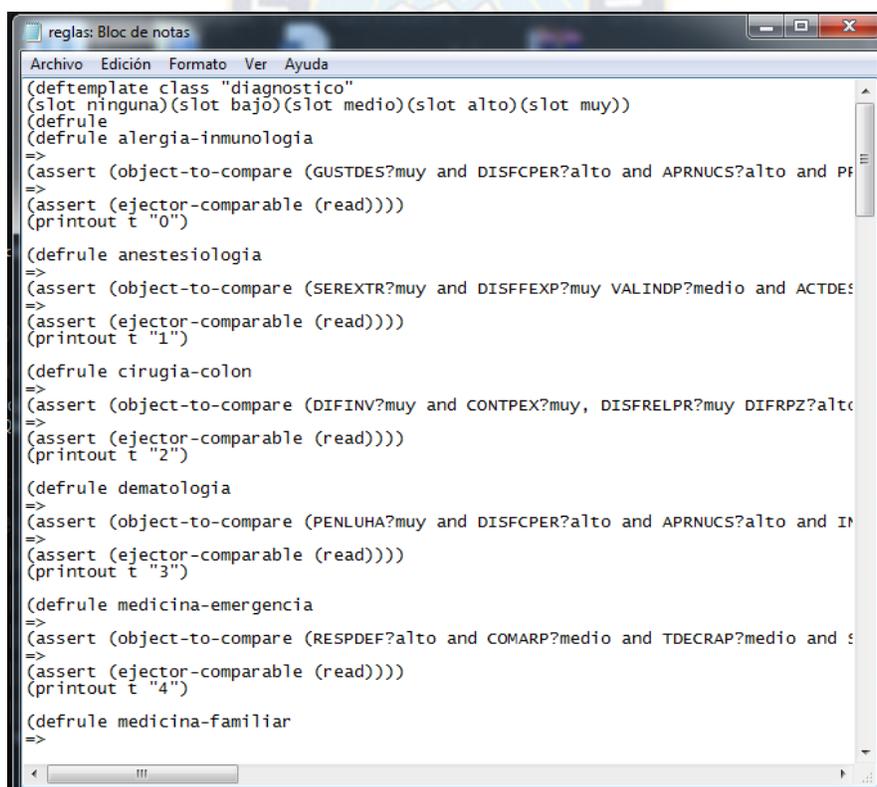
Tabla 4.1 Resultado del Sistema Experto y Experto Humano  
Fuente: Elaboración Propia

## 4.2 REVISIÓN DEL PROTOTIPO

Para la verificación del prototipo se realizó una constante revisión a medida que se desarrollaba el sistema, comprobando las reglas para mejorar la confiabilidad en los resultados que emitía el Sistema Experto, revisando constantemente el funcionamiento del mismo de manera conjunta con el experto humano, para realizar las mejoras correspondientes, de manera que la obtención de resultados sea confiable, eficaz y óptima para el postulante a residencia.

La primera instancia es la introducción de los datos, consistente en la evaluación de capacidades, aptitudes y actitudes que presenta cada postulante, esto para optimizar el tiempo dedicado al acopio de información.

A continuación se muestra algunas de las reglas que se utilizaron:



```
reglas: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
(deftemplate class "diagnostico"
(slot ninguna)(slot bajo)(slot medio)(slot alto)(slot muy))
(defrule
(defrule alergia-inmunologia
=>
(assert (object-to-compare (GUSTDES?muy and DISFCPER?alto and APRNUCS?alto and PE
=>
(assert (ejector-comparable (read))))
(printout t "0")

(defrule anestesiologia
=>
(assert (object-to-compare (SEREXTR?muy and DISFFEXP?muy VALINDP?medio and ACTDES
=>
(assert (ejector-comparable (read))))
(printout t "1")

(defrule cirugia-colon
=>
(assert (object-to-compare (DIFINV?muy and CONTPEX?muy, DISFRELP?muy DIFRPZ?alto
=>
(assert (ejector-comparable (read))))
(printout t "2")

(defrule dermatologia
=>
(assert (object-to-compare (PENLUHA?muy and DISFCPER?alto and APRNUCS?alto and IN
=>
(assert (ejector-comparable (read))))
(printout t "3")

(defrule medicina-emergencia
=>
(assert (object-to-compare (RESPDEF?alto and COMARP?medio and TDECRA?medio and s
=>
(assert (ejector-comparable (read))))
(printout t "4")

(defrule medicina-familiar
=>
```

Figura 4.1 Regla de los datos al Sistema Experto  
Fuente: Elaboración Propia

### 4.3 DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se toma en cuenta para la prueba de hipótesis según Rufino Moya y Gregorio Saravia de acuerdo al nivel de aceptación del experto sobre el sistema, se plantea lo siguiente:

Se requiere comprobar un nivel de confianza de al menos 95% por lo tanto se toma  $\mu = 95$  que representa un buen nivel de aceptación para las interpretaciones del sistema experto.

$\mu_0$  = Nivel de aceptación óptimo.

$\mu$  = Nivel de aceptación regular.

- $\mu_0 \geq 95$  y  $\mu < 95$
- $\alpha = 0.05$  que representa el nivel de significación.
- $n = 30$  que es el número de casos de prueba.

La estadística de prueba está representada por:

$$T = \frac{X1 - \mu_0}{\frac{s}{n}}$$

Que tiene una distribución  $t$  con  $n - 1 = 29$  grados de libertad.

Suponiendo que la población tiene una distribución aproximadamente normal hallamos los valores:

N°	$x_i$	$(x_i - x1)^2$	N°	$x_i$	$(x_i - x1)^2$
1	100%	84.6	16	100%	84.6
2	90%	0.64	17	100%	84.6
3	100%	84.6	18	100%	84.6
4	100%	84.6	19	100%	84.6
5	90%	0.64	20	90%	0.64

6	85%	33.64	21	100%	84.6
7	50%	1.664	22	100%	84.6
8	100%	84.6	23	90%	0.64
9	90%	0.64	24	85%	33.64
10	100%	84.6	25	50%	1.664
11	100%	84.6	26	100%	84.6
12	90%	0.64	27	90%	0.64
13	85%	33.64	28	100%	84.6
14	50%	1.664	29	100%	84.6
15	100%	84.6	30	90%	0.64

Tabla 4.2 Obtención de Resultados

Fuente: Elaboración Propia

$X1=90.8$

De la Tabla 4.2 se realiza la sumatoria de  $(x_i - x1)^2$  del cual se obtiene como resultado:

$$(x_i - x1)^2 = 1.547$$

El resultado obtenido se lo reemplaza en la siguiente formula:

$$S = \frac{1^n}{2_{i=1}} (x_i - x1)^2$$

Para encontrar la desviación estándar:

$$s = \frac{1}{2} 1.547$$

Por lo que se obtiene el siguiente dato:

$$S = 27.81$$

Luego:

$$T = \frac{X1 - \mu_0}{\frac{s}{\bar{n}}} = \frac{90.8 - 85}{\frac{27.81}{30}} = \frac{5.3}{5} = 1.16$$

Donde:

Región crítica o de rechazo:  $P[T < t\alpha] = \alpha$  donde  $t\alpha = -1.796$

Es decir:

$$RC = (-\infty, -1.796)$$

Y como  $T=1.16$  no pertenece al rango  $RC = (-\infty, -1.796)$

Se acepta la hipótesis H; es decir, el Sistema Experto tiene un nivel de confiabilidad de al menos 95%.

Con estos resultados se puede concluir que el Sistema Experto de Evaluación de Capacidades, Actitudes y Aptitudes para Postulantes a Residencia Medica, es aceptable, por lo tanto queda demostrada la hipótesis:

H: La lógica difusa permite al sistema experto sugerir al postulante a Residencia Medica, sobre la especialidad en la que podría optar; con un nivel de confiabilidad del 95%.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

A la conclusión del presente trabajo se logró alcanzar los objetivos planteados, a través de la construcción del prototipo que puede dar un resultado confiable sobre la elección a una especialidad médica.

Los siguientes resultados responden a los objetivos específicos detalladas en el capítulo I de la presente tesis:

El Sistema Experto para la Evaluación de capacidades, actitudes y aptitudes; para Postulantes a Residencia Medica aplicando lógica difusa, se puso a prueba con 30 casos, los cuales fueron revisados por el experto humano, el cual brindo su conocimiento para obtener las interpretaciones óptimas, de tal forma el resultado obtenido responde al primer punto de los objetivos específicos.

El prototipo presenta una base de conocimientos de acuerdo a la experiencia del especialista psicólogo, mediante reglas de producción, esto hace que el sistema experto pueda ser confiable, además como se representan en base a reglas las que ofrecen bastante facilidad para la creación y la modificación de la base de conocimientos como se muestra en el capítulo III, por lo cual estos resultados responden al segundo punto de los objetivos específicos.

Se logró implementar un motor de inferencia el cual está basado en lógica difusa para la obtención de la sugerencia en la elección de una especialidad médica, dicho resultado responde al tercer punto de los objetivos específicos.

El desarrollo del test en función a las reglas elaboradas, que permite evaluar las capacidades, actitudes y aptitudes del postulante a residencia médica, responde al cuarto punto de los objetivos específicos.

Con respecto al diseño del Sistema Experto para la Evaluación a Postulantes a Residencia Medica, este cumple con el desarrollo de las etapas propuestas por la metodología Buchanan, respondiendo el quinto punto de los objetivos específicos.

También se demostró que la lógica difusa permite al Sistema Experto dar un resultado sobre la elección a una especialidad médica con un nivel de confianza de 95%.

El prototipo planteado logra cumplir con los objetivos delineados inicialmente, sirviendo de base para futuras investigaciones en el área de Sistemas Expertos para sugerir una especialidad médica, evaluando capacidades, actitudes y aptitudes; respondiendo el sexto punto de los objetivos específicos.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Para trabajos posteriores, se recomienda utilizar alguna otra técnica de la inteligencia artificial para la construcción de sistemas expertos, como ser: redes semánticas, redes bayesianas o bien redes neuronales o también combinar agentes inteligentes con los sistemas expertos, para la presentación del conocimiento, todo parte de no buscar lo más complejo, si no lo mas adaptable a cambios según lo que se tenga que demostrar.

A futuro también se recomienda la construcción de un macro sistema experto que una todas las investigaciones referidas al área de la psicología, debido a que hay diferentes trabajos de sistemas expertos en la carrera de informática, uniendo todos estos sistemas se lograría brindar una gran ayuda a la población en general, personal de psicología e informática.

## BIBLIOGRAFÍA

### 1. REFERENCIAS ESCRITAS

- [Angulo J. 1986] Inteligencia Artificial, 1ra Edición, 150 pag, Ed. Paraninfo, Madrid - España.
- [Arteche J. 1986] Informática Aplicada Nro 4. ¿Maquinas mas expertas que los hombres? 70 pag, Ed. Siglo Cultural, Madrid - España.
- [Balzer, 1997] Balzer, W (1997) Como hacer teorías. Texto divulgativo en el que se explican los diferentes procesos que conducen a la formulación de una teoría. Madrid: Editorial Alianza.
- [Condori, 2005] Condori Flores Sylvia Monica (2005) Sistema de Diagnóstico para la Esclerosis Sistemática. Tesis de la carrera de informática. Disponible en la biblioteca de la Carrera de Informática UMSA.
- [Giarratano, 2003] Sistemas Expertos Principios y Programacion, 596 pag. Ed. International Thomson Editores
- [Martín, 2001] Martín del Brío B. y Sanz A. (2001). Redes neuronales y sistemas borrosos. Ra-Ma Editorial, Madrid, España.
- [Mita, 2005] Jose Mita A. El timonel de tu vida, Universidad Mayor de San Andrés, disponible en la biblioteca de la carrera de Psicología UMSA.
- [Montero, 2000] Maria Teresa Montero Mendoza (2000) Elección de carrera profesional: Visión, promesas y desafíos Universidad Autónoma de Ciudad Juarez - México.

- [Moya, 2005] Moya Rufino (2004). Probabilidad y Estadística 7ma. Ed. Editorial América Lima – Perú.
- [Muños, 1998] Muños Razo Carlos (1998) Como elaborar y asesorar una investigación de tesis México. 1era Ed. Prentice Hall Hispanoamérica S.A.
- [Quispe, 2006] Quispe Sillo Clemente (2006). Sistema Experto para el Diagnostico de Estrés utilizando Lógica Difusa. Tesis de la carrera de informática, disponible en la biblioteca de la Carrera de Informática UMSA.
- [Rich, 1994] Rich E y Knight. Inteligencia Artificial, 1ra Edición, 250 pag. Ed. McGraw-Hill, Madrid España.
- [Rolston D, 1990] Principios de inteligencia artificial y sistemas expertos, 1era edición, 254 pag. Ed. McGraw-Hill, Colombia.
- [Sabadí, 2010] La lógica difusa. Características y aplicaciones, Universidad de Ciencias Informáticas, Ciudad de la Habana, Cuba.
- [Tapia, 2009] Tapia Castillo Jackeline. Sistema experto para el apoyo del proceso de orientación vocacional para las carreras de ingeniería en la pontificia universidad católica del Perú.
- [Taylor, 2013] Anita D. Taylor. How to Choose a Medical Specialty 5ta Edición. Minneapolis, Universidad de Virginia, Estados Unidos.

## 2. REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- [Eslava, 2013] Melissa Eslava, Ma. Carolina Orta, Xenia Puente (2013). Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos. Universidad Central Caracas

Venezuela. Obtenido 25 de Septiembre de 2014 disponible en:  
<http://www.ia.uned.es/seve/publications/tesis.pdf>

[López, 2013] López Alfonso Jesús (2013), Logica difusa. Obtenida el 26 de Septiembre de 2014, disponible en:  
[http://members.tripod.com/jesus\\_alfonso\\_lopez/FuzzyIntro.html](http://members.tripod.com/jesus_alfonso_lopez/FuzzyIntro.html) y  
[jes\\_alf\\_lopez@yahoo.com](mailto:jes_alf_lopez@yahoo.com)

[Martinez, 2013] Martinez Diaz Maria del Carmen (2013). “Aprendizaje Artificial y Sistemas Expertos” llevado a cabo en la División de Sistemas del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Nacional de Lujan. Obtenido el 12 de Octubre de 2014 disponible en:  
<http://www.unl.edu.mx>.

[Pignani, 2013] Pignani Juan Manuel (2013). Sistemas Expertos (Expert System) Orientación I: Informática aplicada a la Ingeniería de Procesos 1. Ingeniería Química Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rosario. Obtenido 30 de Agosto de 2014 disponible en:  
<http://www.gensym.com>

[Rodríguez, 2005] Rodriguez Castillo Maribel Johana (2005).”Sistema de inferencia difusa de Mamdani”. Obtenido 07 de Agosto de 2015 disponible en:  
<http://www.fukl.edu>

[Samper, 2004] Samper Marquez Juan Jose (2004), “Sistemas Expertos, el conocimiento al poder”. Obtenido 07 de Agosto de 2015 disponible en:  
<http://www.psicologiacientifica.com/publications/biblioteca/articulos/calulos/ar-jsamper01.htm>.

[Vargas, 2009]

Vargas Francisco (2009), “Descripción general de las técnicas de lógica difusa”. Obtenido 16 de Agosto de 2015 disponible en: <http://www.scribd.com/doc/14188261/Resumen-y-conclusion-tesis-Fransico-Vargas>.



# ANEXOS



## MARCO LÓGICO

<b>Resumen Narrativo</b>	<b>Indicadores Objetivamente Verificables</b>	<b>Medios de Verificación</b>	<b>Supuestos</b>
Desarrollar un Sistema experto para la evaluación de capacidades, actitudes y aptitudes para elección a una especialidad médica.	Encuestas de satisfacción.	.Datos verificados por un experto humano.	Facilidad de acceso a los reportes de las evaluaciones.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Realizar pruebas del Sistema Experto.</li> <li>2. Desarrollar las reglas de conocimiento.</li> <li>3. Organizar y tabular los resultados obtenidos.</li> </ol>	<p>Realizar mínimamente unas 30 pruebas.</p> <p>Obtener las reglas del sistema experto.</p> <p>Realizar pruebas y obtener resultados satisfactorios.</p>	Datos verificados por un experto humano.	Predisposición del estudiante, para realizar las pruebas solicitadas.

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre							
	Semanas				Semana				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Identificación	■	■	■	■	■																							
Conceptualización		■	■	■																								
Adquisición del conocimiento			■	■	■																							
Definición del conocimiento abstracto				■	■																							
Formalización				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Desarrollo de la base de conocimientos			■	■	■	■	■	■																				
Definición de variables las variables ling.									■	■																		
Desarrollo del motor de inferencia											■	■	■	■														
Desarrollo de Reglas														■	■	■												
Implementación																	■	■	■	■	■	■	■	■				
Desarrollo del Prototipo									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Pruebas de Campo																	■	■	■	■	■	■	■	■				