

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



PROYECTO DE GRADO
SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO
DE TRASTORNOS DEL ESPECTRO AUTISTA EN NIÑOS Y
ADOLESCENTES BASADO EN LÓGICA DIFUSA
CASO: CEREFÉ

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

POSTULANTE: SONIA VALENCIA QUISPE
TUTOR METODOLÓGICO: M.SC. ALDO VALDEZ ALVARADO
ASESOR: PH. D. YOHONI CUENCA SARZURI

LA PAZ – BOLIVIA

2016



**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

A mis padres, por todo el esfuerzo y sacrificio para brindarme todo el amor, la comprensión, el apoyo incondicional y la confianza en cada momento de mi vida y sobre todo en mis estudios universitarios.

A mis hermanos Carmen, Mariel, Edwin y Sandra por el apoyo, la comprensión que me brindaron y fueron mi inspiración para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fortaleza día a día y llenar de bendiciones mi vida, por ser guía y guardián en mi camino.

A mis padres, por el gran amor y devoción que tienen con sus hijos, por el apoyo ilimitado e incondicional que me han dado, por tener siempre la fortaleza de salir adelante sin importar los obstáculos.

A mi docente Tutor M. Sc. Aldo Ramiro Valdez Alvarado, por haberme brindado la colaboración con toda su capacidad y conocimiento en la realización del presente Proyecto de Grado.

A mi docente Asesor Ph. D. Yohoni Cuenca Sarzuri, por el asesoramiento, paciencia y consejos brindados para el desarrollo del presente trabajo.

Al Director de la Fundación CEREFÉ Dr. Ricardo Quiroga Ugarte por su confianza y permitir que pueda desarrollar mi Proyecto de Grado en su institución y ser puente para llegar al punto final de mi carrera universitaria.

RESUMEN

En la actualidad la tecnología avanza a pasos acelerados, desarrollando con más frecuencia nuevos programas de computación, apoyando en diferentes áreas, realizando contribuciones en Medicina, Psicología, y otros. Los Sistemas Expertos son un área de la informática que se derivan de una rama de la investigación científica llamada Inteligencia Artificial. El objetivo de los Sistemas Expertos es entender y emular la inteligencia humana y sus procesos de razonamiento para obtener modelos de inferencia lógica.

El presente Proyecto de Grado plantea un Sistema Experto a través de la aplicación de la lógica difusa, con la finalidad de desarrollar un Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de Trastornos del Espectro Autista en niños y adolescentes, además de brindar un tratamiento adecuado dependiendo de los síntomas que presente el niño o adolescente.

El Sistema Experto sirve de apoyo a la toma de decisiones, tanto a los profesionales especialistas en estos temas como Psicólogos, Educadoras Especiales y cuenta con entradas, que son los síntomas y la Base de conocimiento, que contiene el conocimiento formalizado y estructurado, la representación del conocimiento permite describir los hechos utilizados en el proceso de diagnóstico y Tratamiento. Por último la interfaz de Usuario, mecanismo que permite la comunicación entre el usuario y sistema experto.

El Sistema Experto esta implementado bajo la metodología de Buchanan y usa un motor de Inferencia de Lógica Difusa. La implementación del proyecto se realizó en SWI-Prolog que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE

1	MARCO INTRODUCTORIO	1
1.1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	ANTECEDENTES.....	2
1.2.1	ANTECEDENTES INSTITUCIONALES.....	3
1.2.2	PROYECTOS SIMILARES.....	4
1.3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
1.3.1	PROBLEMA CENTRAL.....	6
1.3.2	PROBLEMAS SECUNDARIOS.....	7
1.4	DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	7
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
1.5	JUSTIFICACIÓN.....	8
1.5.1	JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	8
1.5.2	JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	9
1.5.3	JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA.....	9
1.6	ALCANCES Y LIMITES.....	9
1.6.1	ALCANCES.....	9
1.6.2	LIMITES.....	9
1.7	APORTES.....	10
1.7.1	PRACTICO.....	10
1.7.2	TEÓRICO.....	10
1.8	METODOLOGÍA.....	10
2	MARCO TEÓRICO	12
2.1	INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	12
2.2	SISTEMAS EXPERTOS.....	12
2.2.1	TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS.....	13
2.2.2	COMPONENTES DE UN SISTEMA EXPERTO.....	13

2.2.3	VENTAJAS Y LIMITACIONES.....	17
2.3	METODOLOGÍA BUCHANAN.....	18
2.3.1	IDENTIFICACIÓN.....	18
2.3.2	CONCEPTUALIZACIÓN.....	19
2.3.3	FORMALIZACIÓN.....	19
2.3.4	IMPLEMENTACIÓN.....	20
2.3.5	TESTEO.....	21
2.3.6	REVISIÓN DEL PROTOTIPO.....	21
2.4	LÓGICA DIFUSA.....	21
2.4.1	CONJUNTOS DIFUSOS.....	22
2.4.2	FUNCIONES DE PERTENENCIA.....	24
2.4.3	VARIABLES LINGÜÍSTICAS.....	25
2.4.4	INFERENCIA DIFUSA.....	26
2.4.5	INFERENCIA DE MAMDANI.....	27
2.4.5.1	FUZZIFICACIÓN.....	27
2.5	TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA (TEA).....	28
2.5.1	AUTISMO A LO LARGO DE LA HISTORIA.....	28
2.5.2	DEFINICIÓN DEL AUTISMO.....	29
2.5.3	CARACTERÍSTICAS.....	30
2.5.4	CAUSAS.....	34
2.5.5	SÍNTOMAS.....	36
2.5.6	DIAGNOSTICO.....	37
2.5.7	TRATAMIENTO.....	41
3	MARCO APLICATIVO.....	45
3.1	INTRODUCCIÓN.....	45
3.2	DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO CON LA METODOLOGÍA BUCHANAN.....	45
3.2.1	ETAPA DE IDENTIFICACIÓN.....	45
3.2.2	ETAPA DE CONCEPTUALIZACIÓN.....	47

3.2.3	ETAPA DE FORMALIZACIÓN.....	52
3.2.4	MOTOR DE INFERENCIA.....	55
3.2.5	ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN	63
4	CALIDAD	68
4.1	INTRODUCCIÓN.....	68
4.2	FACTORES DE CALIDAD SEGÚN ESTÁNDAR ISO – 9126	69
4.2.1	USABILIDAD (FACTIBILIDAD DE USO).....	69
4.2.2	EFICIENCIA	70
4.2.3	CONFIABILIDAD (FIABILIDAD)	70
4.2.4	MANTENIBILIDAD	71
4.2.5	TRANSPORTABILIDAD	72
4.2.6	RESULTADO DE LOS ASPECTOS DE CALIDAD	72
5	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	74
5.1	ANÁLISIS DE COSTOS CON EL MODELO COCOMO	74
5.2	BENEFICIO	75
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
6.1	CONCLUSIONES.....	77
6.2	RECOMENDACIONES	77
7	BIBLIOGRAFÍA.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Componentes de un Sistema Experto	14
Figura 2.2 Regla de inferencia Modus Ponens.....	16
Figura 2.3 Metodología Buchanan.....	18
Figura 2.4 Diagrama de un control difuso	22
Figura 2.5 Diagrama de conjuntos difusos.....	24
Figura 2.6 Función de pertenencia de un conjunto triangular.....	25
Figura 2.7 Triada de Wing	30
Figura 2.8 Tipos de tratamiento del TEA.....	42
Figura 3.1 Componentes de un SE.....	47
Figura 3.2 Árbol de decisión.....	54
Figura 3.3 Conjunto difuso Nivel de gravedad	56
Figura 3.4 Pantalla de inicio del Sistema Experto	64
Figura 3.5 Pantalla de inicio de Diagnostico.....	65
Figura 3.6 Pantalla registro de datos	65
Figura 3.7 Pantalla de informe registro.....	66
Figura 3.8 Preguntas de autismo, primera parte.....	66
Figura 3.9 Preguntas de autismo, tercera parte	66
Figura 3.10 Pantalla de inicio de Diagnostico.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Relación de problemas Causa - Efecto.....	7
Tabla 2.1 Niveles de Gravedad del trastorno del espectro autista.....	39
Tabla 3.1 Variables lingüísticas	52
Tabla 3.2 Función de pertenencia Nivel de gravedad	56
Tabla 4.1 Relevancia de los factores de calidad y los aspectos del software	68
Tabla 4.2 Valores de ajuste, según (Pressman, 2002)	69
Tabla 4.3 Factores de Eficiencia	70
Tabla 4.4 Factores de Mantenibilidad	71
Tabla 4.5 Resultado del aspecto de calidad.....	72
Tabla 4.6 Resultado de aspecto de calidad.....	73
Tabla 5.1 Costo del proyecto.....	75

1 MARCO INTRODUCTORIO

1.1 INTRODUCCIÓN

Los Trastornos del Espectro Autista (TEA) comprenden una serie de alteraciones graves y de carácter generalizado que afectan a varios ámbitos del desarrollo: interacción social, lenguaje, comunicación y el pensamiento. Sus síntomas se manifiestan de forma diversa en las distintas edades, acompañando a la persona durante todo su ciclo vital.

Se trata de problemas neuropsiquiátricos los cuales pueden detectarse a edades muy tempranas, afecta la socialización, la comunicación, la imaginación, la planificación y la reciprocidad emocional, y se evidencia mediante conductas repetitivas o inusuales.

Esta disfuncionalidad tiene un impacto considerable no sólo en el correcto desarrollo y bienestar de la persona afectada, sino también en los familiares, dada la elevada carga de cuidados personalizados que necesitan. La prevalencia de dichos trastornos ha aumentado considerablemente, lo que unido a su carácter crónico y gravedad hace que precisen un diagnóstico verídico y un plan de tratamiento multidisciplinar personalizado y permanente a lo largo de todo el ciclo vital, en constante revisión y monitorización, que favorezca el pleno desarrollo del potencial de las personas con TEA y su integración social y calidad de vida.

Actualmente, no existe un tratamiento estándar para el TEA. Hay muchas maneras de maximizar la capacidad del niño para crecer y aprender nuevas habilidades. Cuanto antes se comience, mayores son las probabilidades de tener más efectos positivos en los síntomas y las aptitudes. Los tratamientos incluyen terapias de comportamiento y de comunicación, desarrollo de habilidades y/o medicamentos para controlar los síntomas.

Tener un diagnóstico preciso es una herramienta muy importante para ayudar a los padres, familiares y maestros a comprender y conocer las necesidades especiales de un niño o adolescente. Generalmente, este diagnóstico es hecho por un Neuropsicólogo o Psiquiatra con amplia experiencia en Trastornos del Espectro Autista.

En la actualidad tenemos las aplicaciones informáticas en el área de la salud mediante el uso del software, las computadoras y los sistemas de información se están introduciendo al área de la medicina para agilizar los procesos de apoyo médico, en la toma de decisiones médicas y diagnósticos, una de las ramas a la que nos referimos es la inteligencia artificial que utiliza las herramientas teóricas y experimentales de las ciencias de la computación para estudiar el fenómeno del comportamiento, y el desarrollo de sistemas inteligentes.

El método más avanzado para representar el conocimiento es el Sistema Experto, el cual es capaz de resolver un tipo específico de problema, por medio de la emulación de las capacidades de un experto humano. Para contribuir a este sistema, es preciso que exista un experto en resolver problemas de algún área particular del conocimiento humano.

Un Sistema experto es básicamente un programa de computadora, basado en conocimientos y razonamiento que lleva a cabo tareas que generalmente solo realiza un experto humano, es decir es un programa que imita el comportamiento humano, en el sentido de que utiliza la información que le es proporcionada para poder dar una opinión del tema en especial.

De esta manera se pretende identificar las posibilidades reales de tener TEA que el niño o adolescente padezca, con estas consideraciones se justifica la realización de esta investigación para implementar el diseño de un Sistema Experto como herramienta alternativa para los TEA.

1.2 ANTECEDENTES

Los sistemas expertos forman parte de la ciencia de la computación y dentro de ésta ubican en la rama de la inteligencia artificial. Éste término fue usado por primera vez por un doctor de la Universidad Stanford Edward A. Feigenbaum, quien estipuló que el poder de resolución de un problema en un programa de computadora viene del conocimiento de un dominio específico, no solo de las técnicas de programación y el formalismo que contiene. En el desarrollo de los sistemas expertos también se ha producido a medida que se ha ido desarrollando la Inteligencia artificial y los diferentes métodos que se han empleado para su resolución.

El desarrollo de lenguajes como LISP y PROLOG condicionaron esa evolución, así como investigaciones en diversos campos relacionados. Los primeros sistemas expertos que se desarrollaron en los años 1960 eran capaces de resolver solo problemas basados en situaciones determinadas, mediante sistemas de reglas.

Es a partir de los años 1970 cuando se empiezan a resolver problemas basados en situaciones inciertas, basados en medidas difusas al principio y en redes probabilísticas con posterioridad de resolución de un problema en un programa de computadora viene del conocimiento de un dominio específico, no solo de las técnicas de programación y el formalismo que contiene. Antes de eso casi todos los investigadores en inteligencia artificial habían tratado de desarrollar métodos generales de programación que resolverían grandes problemas conceptuales pero estos programas resolvían pobremente los problemas individuales.

A partir de los 1990 y con el desarrollo de la Informática, se produce un amplio desarrollo en el campo de la Inteligencia artificial y los Sistemas Expertos, pudiéndose afirmar que estos se han convertido en una herramienta habitual en determinadas empresas en la actualidad.

Con los sistemas expertos se busca una mejor calidad y rapidez en las respuestas, dando así lugar a una mejora de la productividad del propio experto al usar este tipo de sistemas informáticos.

1.2.1 ANTECEDENTES INSTITUCIONALES

El Centro de Rehabilitación Física y Educación Especial “CEREFÉ”, fue fundado un 7 de noviembre de 1987, por los religiosos: Rvdo. P. Mario Marossi, Rvdo. P. José Rizzi y Hna. Petronila Freitas habiendo visto la realidad de la discapacidad física, en esta ciudad más alta del mundo por lo que los niños con discapacidad sufrían y que no recibían ninguna ayuda y se pusieron a pensar que en sus países esos niños con esos problemas estaban muy bien atendidos mientras en esta ciudad se encontraban ocultos arrastrándose por el piso. Esa fue más la razón para poder realizar este centro que día a día va creciendo aún más. Al

principio solo era para la atención de las personas con discapacidad física y en un ambiente pequeño, pero en el transcurso de estos 27 años, fueron llegando personas con diferentes discapacidades como la discapacidad múltiple, la discapacidad intelectual las alteraciones neurosensoriales que demandaban una atención adecuada a esta problemática.

La Fundación CEREFÉ, cuenta con Personería Jurídica N° 871.

En el transcurso de estos 27 años, se atendieron a 6617 personas con discapacidad, entre niños, jóvenes y personas adultas, con diferentes tipos de discapacidad. Y la unidad Educativa cada año fue incrementando el número de alumnos llegando el 2014 a 290 alumnos.

Se conformó el equipo multidisciplinario el cuál se fue fortaleciendo hasta llegar al año 2014 con las siguientes especialidades.: Médicas (Pediatría, Medicina General, 2 Psicólogas, 3 Fisioterapeutas, 2 Estimuladores Temprana, 1 Odontóloga, 1 Fonoaudióloga, 1 Trabajadora Social, 1 Enfermera y 1 Psicopedagogo.

De 1 profesora se aumentaron a 40 y la planta administrativa también creció a 6 personas y actualmente en esta institución trabajan 60 personas.

1.2.2 PROYECTOS SIMILARES

En el campo de los Sistemas Expertos se desarrollan diversos sistemas que se hallan en la biblioteca de la carrera de Informática de la Universidad Mayor de San Andrés, como:

“SISTEMA EXPERTO PARA LA DETECCIÓN DEL TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN CON HIPERACTIVIDAD EN NIÑOS BASADO EN LA LÓGICA DIFUSA”

Autor: Felipe Santiago Mendoza Quispe, Año: 2015.

El presente trabajo desarrolla un Sistema Experto a través de la aplicación de las técnicas de la Inteligencia Artificial, este sistema se encarga de diagnosticar el trastorno por déficit

de atención con hiperactividad basado en lógica difusa de acuerdo al conocimiento del experto psicopedagogo.

“SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DE TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA EN NIÑOS Y NIÑAS MENORES DE 3 AÑOS”

Autor: Deddy Diamantino Diaz Alanoca, Año: 2015.

El presente trabajo plantea un Sistema Experto a través de la aplicación de Redes Bayesianas, este sistema brinda un Diagnóstico y tratamiento de Trastornos del Espectro Autista en niños y niñas menores de 3 años, como: Asperger, Rett, Regresivo, cada uno de estos tiene diferentes síntomas donde se encuentran almacenada en una base de conocimiento del sistema.

“SISTEMA EDUCATIVO PARA LA ESTIMULACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE PARA PERSONAS CON ESPECTRO AUTISTA DE ASPERGER”

Autor: María Magdalena Callizaya Quispe, Año: 2015.

El presente trabajo busca aportar una nueva estrategia de enseñanza que apoye básicamente en el proceso de Enseñanza-aprendizaje de niños diagnosticados con Trastornos de Espectro Autista (TEA), aportando conceptos de inteligencia Artificial que está reflejada en los Sistema Tutores Inteligentes, y considerando al agente pedagógico sirven de guía y de gran ayuda al usuario.

SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO MÉDICO DE LAS ENFERMEDADES GENÉTICAS CON DISMORFIAS (SEGEDIS)

Autores: Gutierrez Rodriguez Marianela, Barroso Rodriguez Yadira, Bedoya Rusenko Jorge

Año: 2011

Institución: Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana

El presente trabajo contribuye al diagnóstico de pacientes con enfermedades genéticas con dismorfias que existen en el mundo se hace difícil reconocer cada tipo de estas enfermedades que se les presentan en sus consultas. Contribuye a emitir un diagnóstico más certero debido a que la herramienta recoge el conocimiento de varios especialistas. Además permite a los genetistas del Centro Nacional de Genética Médica (CNGM) que poseen los permisos de administración sobre la misma, agregar nuevas enfermedades, actualizando sistemáticamente la aplicación, y de esta forma brindar una mejor atención a los pacientes.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Asociación Americana de Psiquiatría se considera que la incidencia de autismo a nivel mundial es de tres a seis niños de cada 1.000, existiendo cuatro veces más probabilidades de aparición en los varones que en las mujeres, sin distinción entre razas, nivel socioeconómico o área geográfica.

En Bolivia se realizó el primer registro de niños con autismo en junio del 2014, 220 niños con autismo fueron inscritos en los Centros de Educación Especial (CEE) de todo el país, la mayoría de ellos están registrados en Santa Cruz, La Paz y Cochabamba. Pero a la vez existen una gran cantidad de niños y adolescentes que no han sido diagnosticados y viven en familias donde no reciben un mejor trato o trato especial y una educación especial, no haciendo valer ciertos derechos que se les facultad por ley.

1.3.1 PROBLEMA CENTRAL

¿De qué manera se puede determinar la existencia del Trastorno del espectro autista en niños y adolescentes, de tal forma que se pueda obtener un diagnóstico verídico y tratar el trastorno de la forma más apropiada?

1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS

El Trastorno de espectro Autista se denomina una discapacidad del neurodesarrollo porque comienza antes de los tres años de edad, durante el período de desarrollo, y causa retrasos o problemas con muchas de las diferentes formas en que la persona se desarrolla o crece.

En Bolivia la realidad de las familias de niños y adolescentes Autistas es cruda y angustiada debido a la falta de información, la ausencia de profesionales en el área, la ausencia de colegios de educación especial, lo que provoca efectos negativos como se observa en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Relación de problemas Causa - Efecto

N°	CAUSA	EFEECTO
1	La falta de información y formación de profesionales sobre el TEA	Falta de seguridad y diagnóstico erróneo
2	La no atención o intervención oportuna que se preste al niño o adolescente	La falta de un trato especial y una educación especial
3	Carencia de profesionales para la intervención del TEA	Retrasa el diagnóstico y Tratamiento
4	Existen personas con TEA que aun ignoran que padecen de esta Trastorno.	Aumenta la incidencia de esta trastorno
5	Dificultad de los padres para detectar síntomas	Aislamiento de quienes sufren el trastorno

Fuente: Elaboración Propia

1.4 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un Sistema Experto, para el Diagnóstico y Tratamiento de Trastornos del Espectro Autista (TEA) en niños y adolescentes basado en Lógica difusa, que permita dar un diagnóstico confiable y así brindar un tratamiento que nos ayude a mejorar sus capacidades comunicativas y de interacción social.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Contribuir para que los niños y adolescentes diagnosticados con TEA, dependiendo la gravedad del trastorno sean incorporados en centros de apoyo de autismo y reciban una educación especial.
- Contribuir para la aceptación de los pacientes diagnosticados en su familia y en la sociedad en general.
- Formalizar el conocimiento del experto y diseñar una base de hechos que permita una descripción mediante las reglas de producción.
- Construir la base de conocimiento y desarrollo del motor de inferencia que permita emitir respuestas a partir de los datos que proporciona el usuario.
- Diseñar un prototipo de la interfaz, para la relación entre sistema y usuario.
- Evaluar los resultados obtenidos por el SE mediante la comparación con diagnósticos emitidos por el experto humano.

1.5 JUSTIFICACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El sistema experto beneficiara económicamente a las personas que no cuentan con los recursos suficientes para consultar a un especialista sobre el diagnóstico, ya que para este trabajo es necesario acudir a varios profesionales como: pediatras, psicólogos, educadores especiales, médicos y otros especialistas.

Este Sistema Experto pretende reducir los costos en consultas o exámenes para determinar la existencia de algún Trastorno del espectro Autista, ya que el sistema podrá dar un diagnóstico apropiado y brindar algún tipo de tratamientos que el niño o adolescente necesita para el mejor desarrollo en los problemas que presenta.

1.5.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El sistema Experto será un aporte a la sociedad en su conjunto, como ser a padres de familia, profesores, compañeros y Centros de ayuda, porque coadyuvara al diagnóstico y tratamiento de los niños y adolescentes con este Trastorno.

Para los centros de ayuda a niños y adolescentes con el TEA será de gran beneficio, ya que este es un sistema de diagnóstico rápido y tendrá distintos tipos de tratamiento.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

El presente trabajo proporcionara un aporte teórico de mucha importancia en lo que se refiere a las investigaciones en el área de la inteligencia artificial utilizando Lógica difusa, su base de conocimiento y su base de hechos las cuales interactúan con el motor de inferencia, la cual es de mucha utilidad en diversos campos relacionada con los Sistemas Expertos.

1.6 ALCANCES Y LIMITES

1.6.1 ALCANCES

- El sistema experto proporcionara un diagnóstico rápido y brindara un tratamiento una vez obtenidos los datos necesarios.
- El diagnostico se realiza evaluando los síntomas que presente el paciente a través de una base de conocimiento que se obtendrá del experto especialista.
- El sistema almacenara los resultados de los diagnósticos.

1.6.2 LIMITES

- El sistema experto solo se limitara al diagnóstico y tratamiento del TEA, es decir trata el síntoma pero no la causa ni origen.
- El presente trabajo no tomara en cuenta otras complicaciones con otros trastornos que no estén contemplados dentro del TEA.

- El sistema experto es un aporte al área de salud, además de ser un apoyo, pero no pretende desplazar a un profesional médico.

1.7 APORTES

1.7.1 PRACTICO

Como aporte práctico la propuesta está enfocada a conseguir ser una herramienta de apoyo al especialista en el área, dándole mejor control de diagnóstico y tratamiento de pacientes que sufren este trastorno, contribuyendo así como un diagnóstico de respaldo para la seguridad tanto del neurólogo como del paciente además de un tratamiento sugerido.

El diagnóstico a través de este SE es importante como alternativa para obtener un diagnóstico en los centros de ayuda donde muchas veces no se encuentra o no tiene un médico especialista.

1.7.2 TEÓRICO

Este trabajo es un aporte al campo de la inteligencia artificial, en especial al área de los SE como una forma de aplicación en nuestro medio.

Los sistemas expertos se basan en los aportes de otras ciencias y técnicas, en nuestro caso en el área de neuropsiquiatría, trataremos de incentivar a la investigación de distintos temas en diferentes áreas.

1.8 METODOLOGÍA

Para obtener el conocimiento de la problemática planteada y desarrollar la investigación se optó por utilizar el método científico, para el proceso de investigación que permitirá medir los resultados de los prototipos mediante los procesos de observación, planteo de hipótesis, diseño de la aplicación, prueba o experimentación y conclusión.

El “método científico” se entiende aquellas prácticas utilizadas y ratificadas por la comunidad científica como válidas a la hora de proceder con el fin de exponer y confirmar sus teorías.

Las teorías científicas, destinadas a explicar de alguna manera los fenómenos que observamos, pueden apoyarse o no en experimentos que certifiquen su validez. Sin embargo, hay que dejar claro que el mero uso de metodologías experimentales, no es necesariamente sinónimo del uso del método científico, o su realización al 100%. Se define el método científico de la siguiente manera:

1. Observación, es aplicar atentamente los sentidos a un objeto o a un fenómeno, para estudiarlos tal como se presentan en realidad, puede ser ocasional o causalmente.
2. Inducción, la acción y efecto de extraer, a partir de determinadas observaciones o experiencias particulares, el principio particular de cada una de ellas.
3. Hipótesis, planteamiento mediante la observación siguiendo las normas establecidas por el método científico.
4. Experimentación para probar la hipótesis.
5. Demostración de Resultados.

Para el diseño del sistema experto se utilizará la metodología Buchanan que tiene como pilar básico la adquisición de conocimiento de distintas fuentes como ser libros, expertos y otros.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Para abordar el concepto de inteligencia artificial, tal vez cabría plantearse primero la siguiente pregunta: “¿qué es la inteligencia?” Sin duda, se trata de una pregunta difícil cuya respuesta aún no ha sido resuelta totalmente, la cual sigue desconcertando tanto a los biólogos como a los psicólogos y filósofos de nuestra época. Por supuesto que el objetivo no es zanjar la discusión. Más bien la intención es presentar algunas ideas en torno a la noción de inteligencia que nos ayuden a identificar ciertas características distintivas de la denominada inteligencia artificial (IA).

Se podría comenzar por destacar algunas propiedades generales que presenta la inteligencia humana, como por ejemplo la habilidad de enfrentar nuevas situaciones, la habilidad de resolver problemas, de responder preguntas, elaborar planes, etc. Desde sus inicios, el hombre se representó el mundo real mediante símbolos, los cuales constituyen la base del lenguaje humano. En este sentido, se podría considerar a la IA como un dialecto simbólico constituido por cadenas de caracteres que representan conceptos del mundo real. De hecho, los procesos simbólicos son una característica esencial de la IA. A partir de lo expuesto es posible formular una definición más aproximada de nuestro objeto de estudio: la IA es una rama de las ciencias computacionales que se ocupa de los símbolos y métodos no algorítmicos para la resolución de problemas (Ponce, 2010).

2.2 SISTEMAS EXPERTOS

Un Sistema Experto (SE), es básicamente un programa de computadora basado en conocimientos y raciocinio que lleva a cabo tareas que generalmente sólo realiza un experto humano; es decir, es un programa que imita el comportamiento humano en el sentido de que utiliza la información que le es proporcionada para poder dar una opinión sobre un tema en especial. Otros autores lo definen como sigue: un Sistema Experto es un programa de computadora interactivo que contiene la experiencia, conocimiento y habilidad propios de una persona o grupos de personas especialistas en un área particular del conocimiento

humano, de manera que permitan resolver problemas específicos de ese área de manera inteligente y satisfactoria (Quintanar, 2009).

La tarea principal de un SE es tratar de aconsejar al usuario. Los usuarios que introducen la información al SE son en realidad los expertos humanos, y tratan a su vez de estructurar los conocimientos que poseen para ponerlos entonces a disposición del sistema. Los SE son útiles para resolver problemas que se basan en conocimiento.

2.2.1 TIPOS DE SISTEMAS EXPERTOS

Los problemas con los que pueden tratar los sistemas expertos pueden clasificarse en dos tipos: problemas esencialmente deterministas y problemas esencialmente estocásticos.

Consecuentemente, los sistemas expertos pueden clasificarse en dos tipos principales según la naturaleza de los problemas para los que están diseñados: deterministas y estocásticos. Los problemas de tipo determinista pueden ser formulados usando un conjunto de reglas que relacionen varios objetos bien definidos. Los sistemas expertos que tratan problemas deterministas son conocidos como sistemas basados en reglas, por que sacan sus conclusiones basándose en un conjunto de reglas utilizando un mecanismo de razonamiento lógico (Quintanar, 2009).

- **Sistemas Expertos basado en reglas**, la construcción de la base de conocimiento es en base a reglas, lo cual, en algunos casos se elabora sencillamente, la explicación de las conclusiones es simple. El motor de inferencia se realiza con algoritmos complejos, lo cual es relativamente lento, además que el aprendizaje estructural es complejo.
- **Sistemas Expertos basado en probabilidades**, la construcción de la base de conocimiento es en base a frecuencias lo cual requiere de mucha información, la explicación de las conclusiones resulta más compleja. El motor de inferencia se realiza con algoritmos simples, el aprendizaje paramétrico es sencillo.

2.2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA EXPERTO

Los componentes se muestran esquemáticamente en la Figura 2.1

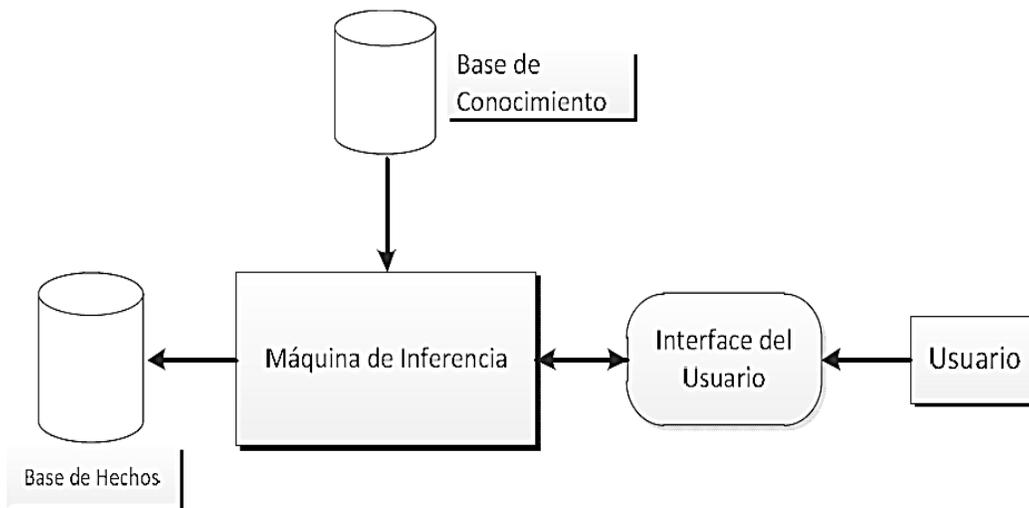


Figura 2.1 Componentes de un Sistema Experto

Fuente: (Lahoz, 2004)

A continuación se explica de forma individual cada uno de los componentes:

- **Base de Conocimiento**, la base de conocimiento contiene el conocimiento especializado extraído del experto en el dominio. Es decir, contiene conocimiento general sobre el dominio en el que se trabaja. El método más común para representar el conocimiento es mediante reglas de producción. El dominio de conocimiento representado se divide en pequeñas partes de conocimiento q son las reglas (Lahoz, 2004).

Cada regla consta de una parte denominada condición y de una parte denominada acción. Cuando el conocimiento almacenado queda obsoleto o se dispone de conocimiento nuevo, es relativamente fácil añadir reglas nuevas, eliminar las antiguas o corregir errores en las existentes. Según Samper (2005), las reglas suelen almacenarse en alguna secuencia jerárquica lógica pero esto no es estrictamente necesario. Se pueden tener en cualquier secuencia y la máquina de inferencia las usará en el orden adecuado que necesite para resolver un problema.

Según Samper (2005), existen reglas de producción que no pertenecen al dominio del problema. Estas reglas se llaman meta reglas y su función es indicar bajo que condición deben considerarse unas reglas en lugar de otras.

- **Base de Datos o Base de Hechos**, es una parte de la memoria de la computadora que se utiliza para almacenar los datos recibidos inicialmente para la resolución de un problema. Contiene conocimiento sobre el caso concreto en el que se trabaja. También se registra en ella las conclusiones intermedias y los datos generados en el proceso de inferencia. Al memorizar todos los resultados intermedios, conserva el vestigio de los razonamientos efectuados; por lo tanto, se puede utilizar para explicar las deducciones y el comportamiento del sistema (Samper, 2005).
- **Máquina de Inferencia**, según Samper (2005), es un programa que controla el proceso de razonamiento que seguirá el sistema experto. Utilizando los datos que se le suministran, recorre la base de conocimiento para alcanzar una solución. La estrategia de control puede ser de encadenamiento hacia adelante o encadenamiento regresivo.

La Técnica de encadenamiento hacia adelante extrae conclusiones a partir del cumplimiento de las condiciones de ciertas reglas. Esta estrategia se denomina “encadenamiento hacia adelante” o “razonamiento de datos dirigidos”, comienza con los datos conocidos y aplica el modus ponens sucesivamente hasta obtener los resultados que se requieren. La base de conocimiento y el sistema no dependen del orden en el que las reglas son establecidas, almacenadas o procesadas. Esta técnica suele utilizarse cuando la cantidad de datos es potencialmente grande, y resulta de interés algún conocimiento específico que se toma en consideración.

El modus ponens es la regla de inferencia comúnmente utilizada, se utiliza para obtener conclusiones simples. Se examina la premisa de la regla y si es cierta, la conclusión pasa a formar parte del conocimiento. Como ilustración, supóngase que se tiene la regla “SI A es cierto, entonces B es cierto” y se sabe además que “A es cierto”. Entonces tal como muestra la Figura 2.2 la regla modus ponens concluye que “B es cierto”. Esta regla de inferencia

que parece trivial debido a su familiaridad, es la base de un gran número de sistemas expertos, es decir que necesita información de los objetos de la premisa para concluir (Castillo, 2005).

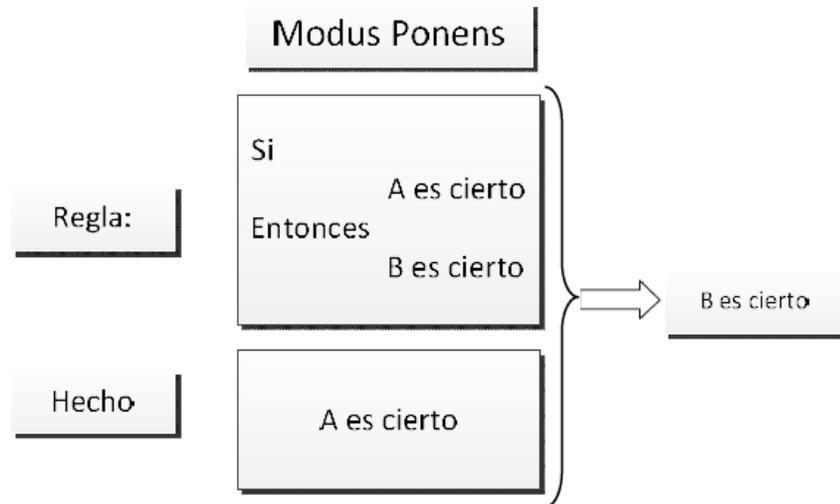


Figura 2.2 Regla de inferencia Modus Ponens.

Fuente: (Castillo, 2005)

- **Interfaz Hombre – Máquina,** la interfaz de usuario es el enlace entre el sistema experto y el usuario. Por ello, para que un sistema experto sea una herramienta efectiva, debe incorporar mecanismos eficientes para mostrar y obtener información de forma fácil y agradable. Un ejemplo de la información que tiene que ser mostrada tras el trabajo de la máquina de inferencia, es el de las conclusiones, las razones que expliquen tales conclusiones y una explicación de las acciones iniciadas por el sistema experto. Por otra parte, cuando la máquina de inferencia no puede concluir debido, por ejemplo, a la ausencia de información, la interfaz de usuario debe obtener la información necesario del usuario (Castillo, 2005).

2.2.3 VENTAJAS Y LIMITACIONES

2.2.3.1 VENTAJAS

Mientras que un experto humano tiene limitaciones y percances propias de su condición humana, es decir: se enferma, envejece, migra a otras empresas, el Sistema Experto, respecto a sus pares humanos, no sufre de estas cuestiones y se convierte en una herramienta estable para su entorno y fiable porque sus actividades son completamente replicables.

A esto se le suma la velocidad de procesamiento que es mayor al de un ser humano. Debido a la escasez de expertos humanos en determinadas áreas, los SE pueden almacenar su conocimiento para cuando sea necesario poder aplicarlo. Así mismo los SE pueden ser utilizados por personas no especializadas para resolver problemas. Además si una persona utiliza con frecuencia un SE aprenderá de él. Finalmente, si se evalúa el costo total del empleo de esta tecnología, la replicabilidad y estabilidad, asociado a la seguridad que provee, resulta una ecuación favorable, aun considerando que las inversiones iniciales pueden ser relativamente elevadas.

2.2.3.2 LIMITACIONES

Es evidente que para actualizar se necesita de reprogramación de estos (tal vez este sea una de sus limitaciones más acentuadas) otra de sus limitaciones puede ser el elevado costo en dinero y tiempo, además que estos programas son poco flexibles a cambios y de difícil acceso a información no estructurada. Los Sistemas Expertos carecen de sentido común, para un SE no hay nada obvio Además no podemos mantener una conversación informal con estos sistemas. Para un sistema experto es muy complicado de aprender de sus errores y de errores ajenos.

No son capaces de distinguir cuales son las cuestiones relevantes de un problema y separarlas de cuestiones secundarias. Por otra parte, la inteligencia artificial no ha podido desarrollar sistemas que sean capaces de resolver problemas de manera general o de aplicar el sentido común para resolver situaciones complejas ni de controlar situaciones ambiguas.

2.3 METODOLOGÍA BUCHANAN

Para poder realizar un mejor desarrollo del sistema experto, se hará uso de la Metodología de Buchanan, el cual nos proporciona las pautas necesarias para el apropiado desarrollo del sistema experto (Martínez, 2009).

Se destacan 5 etapas fundamentales: Identificación, conceptualización, formalización, implementación, testeo como se observa en la Figura 2.3.



Figura 2.3 Metodología Buchanan

Fuente: (Martínez, 2009)

2.3.1 IDENTIFICACIÓN

Aquí se 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 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.

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 síntesis se identifican: los participantes y roles, los recursos, fuentes de conocimiento, los objetivos y metas.

2.3.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Se analizan los conceptos vertidos por el experto de campo con el objetivo de identificar y caracterizar el problema informalmente.

Significa que por medio de entrevistas con el experto, 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, que problemas va a resolver concretamente el sistema experto.

2.3.3 FORMALIZACIÓN

Una vez definido adecuadamente el problema 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 para que 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 inferencia.

El ingeniero de conocimiento además debe reconocer las estrategias básicas que usa el experto cuando desarrolla su tarea, que hechos establece primero, que tipo 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.

2.3.4 IMPLEMENTACIÓN

El ingeniero de conocimiento debe formalizar el conocimiento obtenido 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 seguir lo siguiente:

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

El ingeniero de conocimiento puede presentar las reglas definidas y en ocasiones los resultados obtenidos al usar las reglas, para que el experto manifieste su opinión sobre la representación y soluciones.

2.3.5 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.

Se refina el sistema prototipo, depurado la base de conocimientos, refinando reglas, rediseñando la estructura del conocimiento, o reformulado conceptos básicos, con el objetivo de capturar información adicional que haya proporcionado el experto. También se consultan en esta etapa otros expertos para corroborar, controlar, ampliar y refinar el prototipo.

2.3.6 REVISIÓN DEL PROTOTIPO

Cuando el 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 el desarrollo del sistema experto. Esto es transformar efectivamente el sistema prototipo en un sistema experto aplicable.

2.4 LÓGICA DIFUSA

El término Lógica Difusa fue utilizado por primera vez en 1974 por Lofti A. Zadeh, profesor de la Universidad de California en Berkeley. Actualmente se utiliza en un amplio sentido, agrupando la teoría de conjunto difusos, reglas **si-entonces**, aritmética difusa, cuantificadores.

Fue presentada como una forma de procesamiento de información en la que los datos podrían tener asociados un grado de pertenencia parcial a conjuntos. Fue a mediados de los años 70 cuando esta teoría se aplicó a los sistemas de control, cuando los pequeños ordenadores empotrados tuvieron suficiente potencia como para permitir su ejecución.

El concepto de conjunto difuso permite tratar con información que no es exacta o con un alto grado de imprecisión a diferencia de la lógica convencional la cual trabaja con lógica precisa.

La lógica difusa está teniendo, por lo tanto, bastante éxito en su utilización sobre los sistemas de control, aplicación que ya podría considerarse como rutinaria. Sin embargo, los investigadores buscan nuevos campos de aplicación de esta técnica.

La lógica difusa proporciona un mecanismo de inferencia que permite simular los procedimientos de razonamiento humano en sistemas basados en el conocimiento. La teoría de la lógica difusa proporciona un marco matemático que permite modelar la incertidumbre de los procesos cognitivos humanos de forma que pueda ser tratable por un computador. Al desarrollar un controlador difuso es posible prescindir de la rigidez matemática y transmitir el raciocinio humano a un sistema. El diagrama de bloques de un control difuso se muestra en la Figura 2.4.

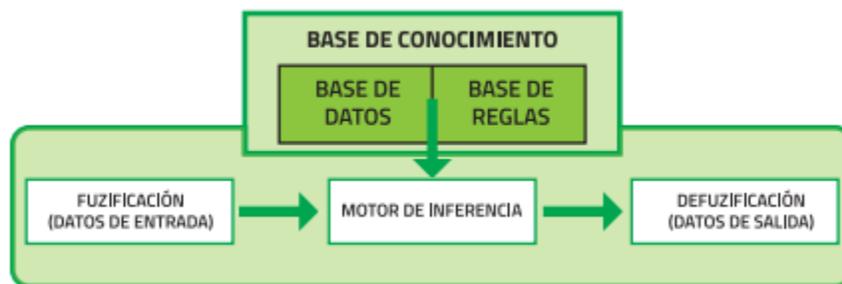


Figura 2.4 Diagrama de un control difuso

Fuente: (Ponce, 2010)

En este capítulo se describirán los fundamentos y características de este mecanismo de representación de la incertidumbre.

2.4.1 CONJUNTOS DIFUSOS

Zadeh propone en 1965 por primera vez la noción de **Conjunto Difuso**. Este hecho marca el principio de una nueva teoría denominada Teoría de Conjuntos Difusos.

La lógica difusa permite tratar con información que no es exacta o con un alto grado de imprecisión a diferencia de la lógica convencional la cual trabaja con información precisa. El problema principal surge de la poca capacidad de expresión de la lógica clásica.

Los conjuntos clásicos surgen por la necesidad del ser humano de clasificar objetos y conceptos. Estos conjuntos pueden definirse como un conjunto bien definido de elementos o mediante una función de pertenencia μ que toma valores de 0 ó 1 de un universo en discurso para todos los elementos que pueden o no pertenecer al conjunto.

Un conjunto clásico se puede definir con la función de pertenencia mostrada en la ecuación:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \notin A \\ 1 & \text{si } x \in A \end{cases}$$

La necesidad de trabajar con conjuntos difusos surge del hecho que existen conceptos que no tienen límites claros. Un conjunto difuso se encuentra asociado por un valor lingüístico que está definido por una palabra, etiqueta lingüística o adjetivo. En los conjuntos difusos la función de pertenencia puede tomar valores del intervalo entre 0 y 1, y la transición del valor entre cero y uno es gradual y no cambia de manera instantánea como pasa con los conjuntos clásicos. Un conjunto difuso en un universo en discurso puede definirse como lo muestra la ecuación:

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

Donde $\mu_A(x)$ es la función de pertenencia de la variable x , y U es el universo en discurso.

Cuando más cerca este la pertenencia del conjunto A al valor de 1, mayor será la pertenencia de la variable x al conjunto A .

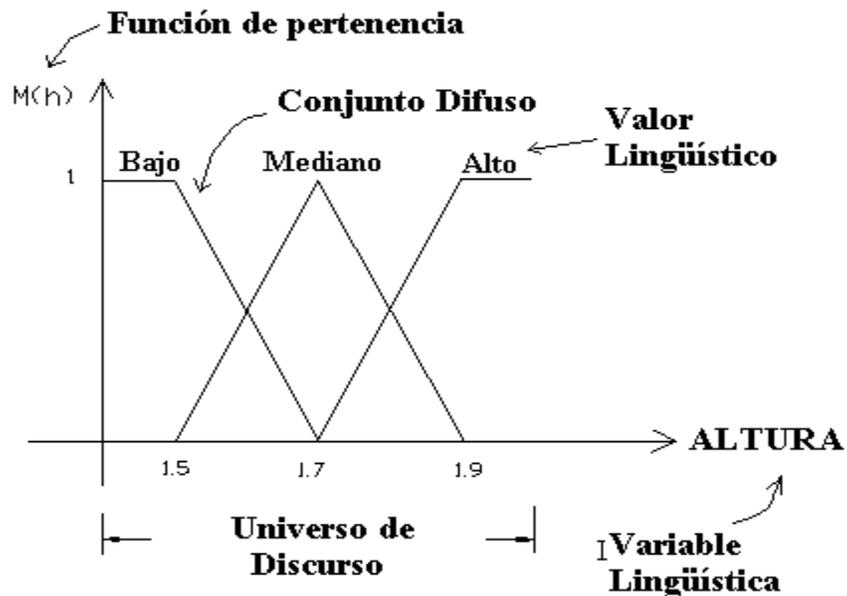


Figura 2.5 Diagrama de conjuntos difusos
Fuente: (Vargas, 2009)

2.4.2 FUNCIONES DE PERTENENCIA

Las funciones de pertenencia nos permite representar gráficamente un conjunto difuso. En el eje “X” (abscisas) se representa el universo en discurso, mientras que en el eje “Y” (ordenadas) se sitúan los grados de pertenencia en el intervalo [0,1].

Para definir un conjunto difuso, se puede utilizar cualquier función, sin embargo hay ciertas funciones que son más frecuentes usadas debido a su simplicidad matemática entre ellas podemos mencionar las funciones de tipo triangular, trapezoidal, parabólica y gaussiana.

Este proyecto se enfoca al uso de sus funciones triangulares y trapezoidales ya que son estas que representan los conjuntos del control que se propone, la función de pertenencia de un elemento x se puede calcular de la siguiente ecuación.

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x - P_1}{P_2 - P_1} & P_1 < x < P_2 \\ \frac{P_3 - x}{P_3 - P_2} & P_2 < x < P_3 \\ 0 & x < P_1 \quad \text{ó} \quad x > P_3 \\ 1 & x = P_2 \end{cases}$$

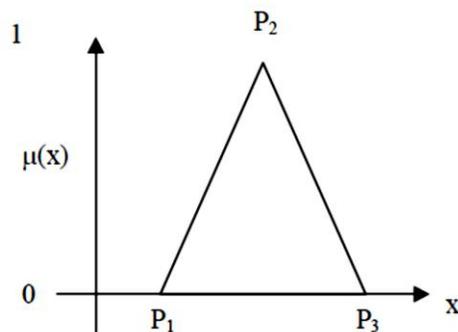


Figura 2.6 Función de pertenencia de un conjunto triangular

Fuente: (Vargas, 2009)

2.4.3 VARIABLES LINGÜÍSTICAS

Cuando una variable toma números para ser sus valores, se tienen un gran 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 el concepto de variable lingüística se va introduciendo, si una variable puede tomar palabras en lenguaje natural como sus valores, esta es la llamada variable lingüística

Para representar el conocimiento en razonamiento aproximado tenemos que utilizar variables lingüísticas. Una variable lingüística es aquella cuyos valores son palabras o sentencias en un lenguaje natural o artificial. De esta forma, una variable lingüística sirve

para representar cualquier elemento que sea demasiado complejo, o del cual no tengamos una definición concreta; es decir, lo que no podemos describir en términos numéricos.

Así, una variable lingüística está caracterizada por una quintupla:

$$(X; T(x); U; G; M)$$

- X es el nombre de la variable.
- T(x) es el conjunto de términos de X; es decir, la colección de sus valores lingüísticos (o etiquetas lingüísticas).
- U es el universo del discurso (o dominio subyacente). Por ejemplo, si la hablamos de temperatura “Cálida” o “Aproximadamente”, el dominio subyacente es un dominio numérico (los grados centígrados).
- G es una gramática libre de contexto mediante la que se generan los términos en T(x), como podrían ser ”muy alto”, ”no muy bajo”, ...
- M es una regla semántica que asocia a cada valor lingüístico de X su significado M(x) (M(x) denota un subconjunto difuso en U).

Los símbolos terminales de las gramáticas incluyen:

- **Términos primarios:** “bajo”, “alto”.
- **Modificadores:** “Muy”, “más”, “menos”, “cerca de”.
- **Conectores lógicos:** Normalmente NOT, AND y OR.

Normalmente se definen los conjuntos difusos de los términos primarios y, a partir de éstos, se calculan los conjuntos difusos de los términos compuestos (por ejemplo, con “muy” y “alto” construimos el término compuesto “muy alto”). Una etiqueta lingüística se forma como una sucesión de los símbolos terminales de la gramática: “Muy alto, no muy bajo...”.

Un uso habitual de las variables lingüísticas es en reglas difusas.

2.4.4 INFERENCIA DIFUSA

La inferencia difusa puede definirse como el proceso de obtener un valor de salida para un valor de entrada empleando la teoría de conjuntos difusos. Existen dos tipos de inferencia: el modelo de Mamdani y el de TSK (Takagi, Sugeno y Kang).

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 $(x, y) A \circledast B$ m y representa lo que conocemos como implicación lógica.

La elección apropiada de esta función característica está sujeta a las reglas de lógica proposicional (Vargas, 2005).

2.4.5 INFERENCIA DE MAMDANI

Es posiblemente el método más ampliamente utilizado, propuesto por Mamdani en 1975. El proceso se realiza en cuatro pasos:

1. Fuzzificación de las variables de entrada.
2. Evaluación de las reglas.
3. Agregación de las salidas de las reglas.
4. Defuzzificación.

Se verá a continuación las etapas de inferencia:

2.4.5.1 FUZZIFICACIÓN.

El primer paso consiste en tomar los valores de las entradas y determinar el grado de pertenencia de estas entradas a los conjuntos difusos asociados. El valor naturalmente estará limitado en el universo del discurso de la variable. En nuestro caso, x e y estarán limitadas al universo del discurso de X e Y respectivamente.

2.4.5.2 EVALUACIÓN DE REGLAS

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

2.4.5.3 AGREGACIÓN DE LAS SALIDAS

La agregación es el proceso de unificación de las salidas de todas las reglas; es decir, se combinan las funciones de pertenencia de todos los consecuentes previamente recortados o escalados, combinando para obtener un único conjunto difuso por cada variable de salida.

2.4.5.4 DEFUZZIFICACIÓN

El resultado final habitualmente es necesario expresarlo mediante un valor en esta etapa se toma como entrada el conjunto difuso anteriormente obtenido para dar un valor de salida. Existen varios métodos de defuzzificación, pero probablemente el más ampliamente usado es el centroide; que calcula el punto donde una línea vertical divide el conjunto en dos áreas con igual masa.

2.5 TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA (TEA)

2.5.1 AUTISMO A LO LARGO DE LA HISTORIA

La nomenclatura del Autismo ha tenido una evolución en cuanto a criterios diagnósticos y definición, desde sus comienzos hasta nuestros días. En los primeros estudios de sintomatología asociada a la clasificación del Espectro Autista aparece el término “Psicosis Infantil”, según el modelo de paradigma proveniente de cada escuela; la psicopatología gira entonces en torno al concepto de Esquizofrenia Infantil, caracterizada por apatía, aislamiento y trastornos en las relaciones y definida por primera vez por Lutz en el año 1937.

El concepto de Autismo como un continuo espectro dimensional de trastornos de diferente severidad, similar al que se utiliza en la actualidad, tiene su origen en las primeras definiciones del Autismo. La aportación de Kanner, que categoriza por primera vez el “Autismo Precoz del Niño”, caracterizado por desapego ambiental durante el primer año de vida (Kanner, 1943), intereses restringidos y repetitivos y capacidad intelectual normal, como también señala Asperger (Asperger, 2012), es uno de los hitos históricos en el diagnóstico del Autismo. Por su parte, en los años cuarenta, Asperger define el trastorno

como “Psicopatía Autista”, que aparece sobre los cuatro años de edad, y que se caracteriza por alteraciones en la expresión del lenguaje no verbal y déficits en el contacto en las relaciones sociales, aunque sin retraso en el lenguaje verbal ni Discapacidad Intelectual.

En la actualidad, el TEA se concibe como un trastorno de etiología neurológica con alteraciones en el desarrollo del Sistema Nervioso Central. Desaparece el término TGD y el TEA se incluye dentro de los Trastornos del Neurodesarrollo junto a otros trastornos, como la Discapacidad Intelectual, los Trastornos de la Comunicación, los Trastornos por Déficit de Atención-Hiperactividad, los Trastornos Específicos del Aprendizaje, Trastornos Motores y otros Trastornos del Neurodesarrollo. La sintomatología se presenta como un continuo según la gravedad, que expresa un concepto dimensional del Autismo, con una falta de reconocimiento de las emociones y de una incapacidad de atribuir una mente a las demás personas (Fortea, 2011).

2.5.2 DEFINICIÓN DEL AUTISMO

El **TEA** se define como un conjunto de trastornos complejos del desarrollo neurológico, caracterizado por dificultades en las relaciones o interacciones sociales, alteraciones de la capacidad de comunicación, sentidos sensoriales y patrones de conducta estereotipados, restringidos y repetitivos, que inicia en la infancia y permanece toda la vida.

Son considerados trastornos neuropsiquiátricos que presentan una gran variedad de manifestaciones clínicas y causas orgánicas que afectan de forma diversa y con distinto grado de intensidad a cada individuo, esto significa que dos personas con el mismo diagnóstico pueden comportarse de diferente manera y tener aptitudes distintas.

En Estados Unidos según el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades alrededor de uno de cada 68 niños padecen de TEA. Es aproximadamente cuatro veces más frecuente en niños que en niñas. Puede afectar a niños de todas las razas y clases sociales, dondequiera que vivan. Los investigadores no saben exactamente qué causa el TEA.

Según el Manual de Diagnóstico y Estadístico de los trastornos mentales de la Asociación Americana de Psiquiatría DSM-5 (2013), en su última versión , todos los subtipos del

autismo quedaron en una sola categoría: Trastornos del Espectro Autista, que reemplaza el término trastornos generalizados del desarrollo (TDG) y en la que se fusionan cuatro de los cinco subtipos vigentes en el DSM-4-TR (trastorno autista, trastorno desintegrativo infantil, trastorno de Asperger y trastorno generalizado del desarrollo no especificado). El trastorno de Rett ya no forma parte de este sistema de clasificación. Otro de los cambios es que la edad de inicio de los síntomas no se especifica, solo se establece que los síntomas inician durante las primeras fases del período del desarrollo. Se integran al diagnóstico especificadores generales y de gravedad, y se disminuyen los criterios diagnósticos, de tres a dos, como se verá más adelante.

2.5.3 CARACTERÍSTICAS

Los niños con TEA, usualmente, comparten las siguientes series de características conocidas como la 'Triada de las discapacidades' (Wing, 2002). Que se puede observar en la Figura 2.7.



Figura 2.7 Triada de Wing
Fuente: (Wing, 2002)

1) Alteraciones del desarrollo de la interacción social recíproca:

Se evidencian importantes dificultades para la empatía y un escaso interés por los iguales o por las personas en general y estas dificultades varían desde el aislamiento total hasta el fracaso en la relación con los demás actuando de modo extraño y unilateral, sin tener en cuenta las reacciones de los demás (Álvarez, 2007).

Las personas con TEA tienen importantes dificultades en esa capacidad de imaginar los pensamientos, sentimientos y opiniones de otras personas. Tienen un pensamiento literal y rígido, pegado referido a los hechos concretos, por lo que les resulta muy complicado extraer ideas o conclusiones que no se muestren de manera explícita. Y la mayoría de las veces, nuestro mundo social, es de todo, menos explícito y claro.

Estas circunstancias hacen que se muevan en un mundo social donde las normas y reglas les son desconocidas. Normalmente las terminan aprendiendo y empleando pero de manera mecánica y rígida, como quien aplica una receta. Para ellos es un mundo impredecible en el que se sienten vulnerables e inseguros.

No saben interpretar las señales no verbales de lo que es adecuado o lo que se espera de ellos, por lo que pueden terminar comportándose de manera antisocial.

Es mucho el estrés y la demanda social a la que están sometidos durante cada jornada escolar. Las dificultades de comprensión social, hace que vivan continuas situaciones de malentendidos y “meteduras de pata” que a menudo ni siquiera entienden. No es de extrañar que en ocasiones terminen por preferir estar solos y aislarse. (Montero, 2003)

Esto podría significar que ellos son vistos como individuos raros, aislados que son indiferentes a los demás. Existen tres grupos principales de comportamientos que caracterizan este problema:

- **Comportamiento distante:** Los niños con TEA no están interesados en tener contacto con otros y prefieren evitar a las personas que están interesadas en interactuar con ellos.

- Comportamiento Pasivo: Los niños con TEA que no están interesados en la interacción pero participan si alguien está dispuesto a interactuar con ellos.
- Comportamiento activo pero extraño: Los niños con TEA que quieren comunicarse pero tienen dificultades en seguir las reglas sociales. Ellos no saben como interactuar y con frecuencia se acercan demasiado o muestran un trato impredecible con los demás (UNICEF, 2012).

2) Alteraciones de la comunicación y lenguaje:

Alteraciones de la mirada, retraso en el desarrollo gestual y en el lenguaje oral, así como falta de respuesta a gestos o voz de los que los rodean. Todos comparten una grave alteración en el intercambio comunicativo recíproco (Álvarez, 2007).

Las dificultades en el lenguaje que observamos en las personas con TEA, se refieren a los aspectos pragmáticos del mismo, es decir a la regulación social.

Formalmente suelen presentar un lenguaje débil o bien demasiado correcto, incluso pedante con un vocabulario muy rico. El problema es que les cuesta trabajo adaptar este lenguaje al contexto social en el que se encuentran. Como resultado, le pueden hablar de la misma manera a un compañero de clase, a un profesor o a sus padres.

El lenguaje metafórico es algo en lo que también presentan problemas. Los dobles sentidos, ironías, frases hechas, refranes, etc. Escapan en general a su comprensión. Se sienten incómodos e inseguros cuando nos dirigimos a ellos utilizando estas expresiones.

En la comunicación, tienen dificultades en las habilidades conversacionales en general. Les cuesta trabajo iniciar las conversaciones, mantenerlas y terminarlas de manera adecuada; encontrar temas adecuados sobre los que hablar así como tener en cuenta la información que el interlocutor maneja en cada caso. Las conversaciones suelen girar en torno a su tema de interés al que vuelven de manera obsesiva (Montero, 2003).

Se calcula que aproximadamente 25% de los niños con TEA empezarán a hablar y a comunicarse a los 2 o 3 años de edad. Sin embargo, ellos continuaran demostrando

discapacidades sociales. El restante 75% mejorará pero siempre necesitara el apoyo de un adulto. Sobre todo, ellos no pueden entender el propósito de comunicarse con los demás. La mayoría de los niños con TEA también presentan dificultades expresando emociones e intenciones cuando interactúan con otros (UNICEF, 2012).

3) Alteración en el comportamiento y falta de imaginación:

Se manifiesta en el interés desmedido por determinadas conductas repetitivas con su propio cuerpo (balanceos, movimientos de cabeza o manos, carreras sin motivo...) o con ciertos objetos (jugar siempre con el mismo juguete), o bien por una obsesión en mantener rutinas y resistirse al menor cambio en lo que lo rodea. Se altera la capacidad imaginativa que abarca desde la incapacidad para el juego con objetos hasta el uso de habilidades de modo repetitivo y obsesivo (Álvarez, 2007).

Cuando han entendido el funcionamiento de un juego o tarea se vuelven rutinarios y repetitivos, queriendo jugar siempre del mismo modo y aplicando las reglas con inflexibilidad. Suelen tener un tema de interés inusual en su contenido o intensidad. Les gusta coleccionar elementos o información sobre este tema de interés del que pueden convertirse en verdaderos expertos.

Además de las tres áreas descritas, las personas con TEA presentan muy a menudo afectadas las áreas de la coordinación motriz gruesa y fina. Esto se manifiesta en rutinas y praxias de precisión como la escritura, trabajos manuales, aprendizaje de instrumentos musicales, abrocharse botones, cremalleras o hacerse el nudo de los zapatos. En cuanto a la gruesa observamos una torpeza motriz generalizada, una costosa coordinación general, formas peculiares para andar o correr y pocas habilidades deportivas en general.

- **Motricidad fina:** Influye en todas las tareas (praxis) que impliquen una destreza manual.
- **Tareas de autonomía personal:** Abrochar y desabrochar botones, subir y bajar cremalleras, hacer nudos o lazos, peinarse (especialmente las chicas), comer (el manejo de los cubiertos cuesta mucho a los pequeños).

- **Grafomotricidad:** Tienen mala letra con trazos irregulares y desproporcionados, de difícil lectura. Excesiva presión sobre el papel. Colorear también es una actividad costosa que les termina resultando poco motivante. Puede resultar sorprendente y difícil de asimilar, ya que estamos acostumbrados a que, para casi todos los niños, colorear un dibujo es algo por lo que muestran interés (Montero, 2003).

Algunos tienen que concentrarse en la mecánica de la escritura y les cuesta pensar al mismo tiempo sobre lo que están escribiendo. El esfuerzo que supone escribir puede conducirles a cansarse rápidamente empeorando de forma ostensible la calidad de su grafía. Suelen mostrar más dificultades con la escritura cuando están ansiosos (Sancho, 2007).

- **Motricidad gruesa:** El área donde principalmente se verá reflejado será en educación física (detallada en su apartado correspondiente) y en la relación con los iguales cuando ésta se base en juegos físicos como por ejemplo el fútbol. Los chicos especialmente varones, desde muy pequeños se relacionan alrededor de un balón y siempre jugando al fútbol. Los chicos con TEA se sienten torpes por lo que no obtienen ninguna diversión de jugar al fútbol (Montero, 2003).

2.5.4 CAUSAS

Se desconocen las causas de los TEA. Puede haber diferentes factores que ocasionan que un niño sea más propenso a tener TEA, entre ellos, factores medioambientales, biológicos y genéticos.

2.5.4.1 FACTORES GENÉTICOS

Se ha demostrado que en el trastorno autista existe una cierta carga genética. En estudios clínicos desarrollados con mellizos, se ha observado que cuando se detecta el trastorno en uno de los hermanos, existe un alto porcentaje de 90% de probabilidades de que el otro hermano también lo desarrolle. Si el estudio se ha llevado a cabo en el ámbito familiar, las estadísticas muestran que existe un 5% de probabilidades de aparición en el neonato en el

caso de que tenga un hermano con el trastorno, que es una probabilidad bastante superior a la que tendría en el caso de que no existieran antecedentes documentados en su familia. Estos datos indican claramente una carga genética ligada al trastorno autista. Las investigaciones tienen por objeto determinar los genes involucrados en la aparición del trastorno, y ya han establecido la relación directa entre la inhibición del gen de la neurologina NL1 y el desarrollo de autismo, aunque se sabe que hay más genes implicados.

2.5.4.2 FACTORES AMBIENTALES

"Ambiente" se refiere a cualquier cosa fuera del cuerpo que pueda afectar la salud. Esto incluye al aire que respiramos, el agua que bebemos y en la que nos bañamos, los alimentos que ingerimos, los medicamentos que tomamos y muchas otras cosas con las cuales nuestros cuerpos pueden tener contacto. El ambiente también incluye nuestros alrededores en el útero, cuando la salud de nuestra madre afecta directamente nuestro crecimiento y desarrollo más temprano.

Los investigadores están estudiando muchos factores medioambientales como las afecciones médicas de la familia, la edad de los padres y otros factores demográficos, la exposición a toxinas y las complicaciones durante el nacimiento o el embarazo.

Como con los genes, es probable que más de un factor ambiental esté involucrado en aumentar el riesgo del TEA. Y, al igual que con los genes, cualquiera de estos factores de riesgo aumenta el riesgo en una cantidad mínima. La mayoría de las personas que han sido expuestas a factores de riesgo ambiental no desarrollan el TEA. El Instituto Nacional de Ciencias de Salud Ambiental (National Institute of Environmental Health Sciences) también está llevando a cabo investigación en esta área.

Los científicos están estudiando la forma en que ciertos factores medioambientales pueden afectar a ciertos genes, activándolos o desactivándolos o aumentando o disminuyendo su actividad normal. Este proceso se llama epigenética y está suministrando a los investigadores muchas formas nuevas para estudiar cómo se desarrollan y posiblemente cambian con el tiempo trastornos como el TEA.

2.5.5 SÍNTOMAS

Las personas con TEA tienen una presentación diversa de síntomas, por ejemplo, algunas personas evitan el contacto social, mientras que otros son excesivamente sociales e intrusivos, también varía el nivel de funcionamiento cognitivo (por ejemplo, de la discapacidad intelectual grave a muy por encima de la inteligencia promedio) y su capacidad para funcionar en situaciones de la vida real. La edad de aparición de los TEA es antes de los tres años, y se convierte en una condición crónica, a pesar de que los síntomas pueden mejorar a través del tiempo de las intervenciones.

La presencia de síntomas es variada, en algunos niños se hacen presentes a los pocos meses de nacidos, otros pueden presentar manifestaciones hasta los 24 meses o incluso después. Otros niños presentan un desarrollo normal hasta los 24 meses, de ahí en adelante dejan de adquirir nuevas destrezas o pierden las que ya habían adquirido.

Se han descrito signos de alarma que pueden identificarse en niños de manera temprana que pueden tener TEA:

- No reacciona cuando la llaman por su nombre. (12 meses de edad)
- No señala objetos para mostrar su interés (14 meses de edad)
- No juega con situaciones imaginarias (18 meses de edad)
- Evita el contacto visual y prefiere estar solo
- Tiene dificultad para comprender los sentimientos de otras personas o para expresar sus propios sentimientos
- Retrasos en el desarrollo del habla y el lenguaje
- Repite palabras o frases una y otra vez (ecolalia)
- Contesta cosas que no tienen que ver con las preguntas
- Le irritan los cambios mínimos
- Tiene intereses obsesivos

Las personas con diagnóstico de TEA, tienen problemas de socialización como: evita el contacto visual, prefiere jugar solo, es inexpresivo o tiene expresiones faciales

inapropiadas, no entiende los límites en el espacio personal, evita o rechaza el contacto físico.

También presentan problemas de comunicación de forma variada, algunas personas hablan bien, otras hablan muy poco, y en algunos casos no hablan nada. Cerca del 40% de los niños con TEA no hablan. Cerca del 30% de los niños dicen algunas palabras hacia los 18 meses y posteriormente pierden esta habilidad. Otros problemas relacionados con la comunicación son: invierte los pronombres, no señala ni reacciona cuando se le señala algo, no usa ningún gesto o utiliza muy pocos, habla en un tono monótono, no entiende los chistes, el sarcasmo o las bromas que le hacen.

Otra característica importante en las personas con TEA, es que tienen conductas e intereses poco comunes como: coloca juguetes u otros objetos en línea, juega con los juguetes de la misma manera todo el tiempo, se interesa por las partes de los objetos, generalmente son muy organizados, se irrita con cambios mínimos, tiene intereses que pueden considerarse obsesivos, siguen rutinas, hacen movimientos repetitivos, estereotipias.

De manera asociada, algunos niños pueden presentar otros síntomas como: hiperactividad, impulsividad, agresividad con otros y autoagresión, rabietas, reacciones emocionales inusuales.

2.5.6 DIAGNOSTICO

El diagnóstico del TEA es con frecuencia un proceso de dos etapas. En la primera etapa se realiza exámenes de detección del TEA, los instrumentos de detección se usan como primer paso para informar al médico si el niño necesita más pruebas. Los niños que muestran algunos problemas de desarrollo se derivan para una evaluación adicional.

La segunda etapa comprende una evaluación exhaustiva efectuada por un equipo de médicos y otros profesionales de la salud con un amplio rango de especialidades. En esta etapa, un niño puede recibir un diagnóstico formal de autismo o de algún otro trastorno del desarrollo.

En general, puede brindarse un diagnóstico confiable a los niños con el trastorno del espectro autista (TEA) a la edad de 2 años, aunque la investigación sugiere que algunas pruebas de detección pueden ser útiles a los 18 meses o aun antes.

Mucha gente inclusive pediatras, médicos de familia, maestros y padres al principio podrían ignorar los signos del TEA, al creer que los niños "alcanzarán" a sus compañeros. Aunque a los padres pueda preocuparle pensar que su hijo pequeño tiene el TEA, cuanto más temprano se diagnostique el trastorno, más rápidamente pueden comenzar las intervenciones. La intervención temprana puede reducir o prevenir las discapacidades más graves asociadas con el TEA. La intervención temprana también puede mejorar el coeficiente intelectual (CI) del niño o adolescente, el lenguaje y las habilidades funcionales diarias, también llamadas conducta adaptativa.

2.5.6.1 CRITERIOS DIAGNÓSTICOS

Según la última versión del Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, el DSM-5, se definen los siguientes criterios diagnósticos; los más relevantes se presentan a continuación.

• **Alteraciones persistentes en la comunicación social y en la interacción social** alrededor de múltiples contextos, manifestadas por lo siguiente, actualmente o por los antecedentes. Especificar la gravedad actual: la gravedad se basa en deterioros de la comunicación social y en patrones de comportamientos restringidos y repetitivos (véase Tabla 2.1).

• **Patrones restrictivos y repetitivos de comportamiento**, intereses o actividades, que se manifiestan en dos o más de los siguientes síntomas, actuales o pasados, como movimientos, utilización de objetos o habla estereotipados. Insistencia en la monotonía, adherencia inflexible a rutinas o patrones ritualizados de comportamiento verbal o no verbal. Intereses altamente restringidos y fijos que son anormales en cuanto a su intensidad o foco de interés. Híper o hiperactividad a los estímulos sensoriales. Especificar la

gravedad actual: la gravedad se basa en deterioros de la comunicación social y en patrones de comportamientos restringidos y repetitivos (véase Tabla 2.1).

- ✓ Los síntomas deben estar presentes en las primeras fases del período de desarrollo.
- ✓ Los síntomas causan un deterioro clínicamente significativo en lo social, laboral u otras áreas importantes del funcionamiento habitual.
- ✓ Estas alteraciones no se explican mejor por la presencia de una discapacidad intelectual (trastorno del desarrollo intelectual) o por el retraso global del desarrollo.

Tabla 2.1 Niveles de Gravedad del trastorno del espectro autista

Nivel de gravedad	Comunicación social	Comportamientos restringidos y repetitivos
Grado 3: "Necesita ayuda muy notable"	Deficiencias graves en habilidades de comunicación social verbal y no verbal que causan alteraciones marcadas en el funcionamiento, con un inicio muy limitado de interacciones sociales y una respuesta mínima a la apertura social de los otros	Inflexibilidad del comportamiento, extrema dificultad para afrontar cambios u otros comportamientos restringidos/repetitivos que interfieren notablemente con el funcionamiento en todos los ámbitos. Ansiedad/dificultad intensa al cambiar el foco de interés o la conducta
Grado 2: "Necesita ayuda notable"	Deficiencias notables en habilidades de comunicación social verbal y no verbal; problemas sociales que son aparentes incluso con apoyos; inicio limitado de interacciones sociales y respuestas reducidas a la apertura social de otros	Inflexibilidad del comportamiento, dificultades para afrontar el cambio u otras conductas restringidas/repetitivas aparecen con la frecuencia suficiente como para ser obvias a un observador no entrenado e interfieren con el funcionamiento en una variedad de contextos. Ansiedad o dificultad al cambiar el foco de interés o la conducta
Grado 1: "Necesita ayuda"	Sin ayuda, las dificultades de comunicación social causan alteraciones importantes. Dificultad para iniciar interacciones sociales y ejemplos claros de respuestas atípicas o fallidas a la apertura social de otros. Puede parecer que su interés por interactuar socialmente está disminuido	La inflexibilidad del comportamiento causa una interferencia significativa en el funcionamiento en uno o más contextos. Los problemas de organización y planificación dificultan la autonomía

Fuente: (APA, 2013)

2.5.6.2 INSTRUMENTOS DE DIAGNÓSTICO

Una vez alcanzado el consenso respecto a las clasificaciones y criterios diagnósticos nos surge otro problema: decidir cómo obtener información fiable y válida del comportamiento de las personas objeto de diagnóstico, información que servirá para decidir si cumplen o no los criterios de diagnóstico.

En Psicología se dispone de muchos instrumentos para evaluar diferentes comportamientos y capacidades del ser humano, pero hasta hace relativamente poco tiempo eran escasos los instrumentos específicos para la población que nos ocupa.

En la actualidad, disponemos de instrumentos estandarizados para el diagnóstico de TEA. Los describimos en dos apartados: entrevistas a familias y pruebas de observación directa. Además de conocer la capacidad intelectual general, necesitamos evaluar competencias mentalistas, funciones ejecutivas, socialización y lenguaje propiamente dicho, para lo que también disponemos de instrumentos adecuados.

a) Entrevistas a padres

Gran parte de la información que recogemos durante el proceso de diagnóstico se obtiene a través de informes de padres, dado que la persona afectada, en la gran mayoría de los casos, no está en condiciones de aportar información (o la desconoce o tiene dificultades para expresarla, por ausencia y/o alteración del lenguaje y de la comunicación). Es de suma importancia recabar datos de los primeros años de vida y, lógicamente,

Las personas más indicadas y que poseen esos datos son los padres y/o cuidadores. Por lo tanto, es importante que hagamos una anamnesis con datos del embarazo, parto, postparto y desarrollo psicomotor, comunicativo y afectivo de los primeros años, así como buscar antecedentes familiares y personales de problemas médicos y psiquiátricos.

Una vez recabada esa información, procederemos a la administración de una de las tres entrevistas que proponemos y describimos a continuación: PIA, DISCO y ADI-R.

- **ADI-R: (Entrevista para el Diagnóstico del Autismo-Revisada)**

La entrevista para el Diagnóstico del Autismo- Revisada (ADI-R) es una extensa entrevista diseñada con el fin de obtener la información completa necesaria para llegar a un diagnóstico de Autismo y ayudar a la evaluación de los trastornos del Espectro Autista.

La entrevista se centra primordialmente en los tres dominios de funcionamiento que han sido señalados como de importancia diagnóstica tanto en la CIE-10, como en el DSM IV: lenguaje/comunicación; interacciones sociales recíprocas; conductas e intereses restringidos, repetidos y estereotipados.

b) Exploración y valoración del niño

Una vez recogida la información aportada por los padres debemos explorar el comportamiento del niño, de forma sistemática y con instrumentos estandarizados. Elegiremos instrumentos de observación que centren su análisis en las áreas afectadas. Disponemos de los siguientes: CARS, ACACIA, ADOS.

- **ADOS-G: (Programa de observación para el diagnóstico de autismo)** La Escala de observación para el diagnóstico de autismo (ADOS) es una evaluación estandarizada y semiestructurada de la comunicación (verbal - no verbal), la interacción social y el juego o el uso imaginativo de materiales para individuos con diagnóstico presuntivo de autismo.

El ADOS consta de un conjunto de actividades que permiten que el evaluador pueda observar si ocurren o no ciertos comportamientos identificados como relevantes para el diagnóstico de Trastornos del espectro autista en distintos niveles de desarrollo y edades cronológicas.

2.5.7 TRATAMIENTO

Los tratamientos para el TEA se pueden agrupar en diferentes categorías (véase la figura 2.8). Cada categoría se enfoca en un tipo de tratamiento.



Figura 2.8 Tipos de tratamiento del TEA
Fuente: (Effective Health Care Program, 2014)

Puesto que los niños con TEA pueden tener diferentes síntomas, cada familia deberá escoger entre los distintos tratamientos, terapias y programas existentes, según las necesidades del niño. El plan de tratamiento para su hijo puede incluir algunos tratamientos de cada una de estas categorías.

2.5.7.1 PROGRAMAS CONDUCTUALES

Estos programas abordan las destrezas sociales, la atención, el sueño, el juego, la ansiedad, la interacción con los padres y conductas desafiantes. Algunos programas ayudan también con el desarrollo general de los niños. Muchos de estos programas utilizan a terapeutas especialmente capacitados que trabajan con los padres y los niños hasta 25 horas cada semana. Los programas pueden durar desde 12 semanas hasta 3 años. Se realizan en casas, escuelas y clínicas. La intervención conductual intensiva temprana, la terapia cognitivo-conductual y el entrenamiento en destrezas sociales son tipos de programas conductuales. Las intervenciones conductuales intensivas tempranas se enfocan en el desarrollo general de los niños.

2.5.7.2 PROGRAMAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Estos programas se ofrecen en escuelas u otros centros de enseñanza. Se concentran en las destrezas de aprendizaje y razonamiento y en métodos para una “vida integral”. Los programas de las escuelas pueden tener nombres distintos, pero muchos de ellos se basan en el método denominado Tratamiento y educación de los niños autistas y con problemas de comunicación (Treatment and Education of Autistic and Related Communication-Handicapped Children; TEACCH, por su sigla en inglés). Los programas como TEACCH utilizan recursos visuales y acomodan el aula de forma que sea más fácil de manejar para un niño con TEA. Otros programas se aplican en el aula o el centro de enseñanza y utilizan estrategias de “análisis conductual aplicado” (conocido por su sigla en inglés ABA), como es el refuerzo positivo.

2.5.7.3 MEDICAMENTOS

¿Qué medicamentos se utilizan para tratar los síntomas del TEA?

- **Antipsicóticos:**

Risperidona (nombre comercial: Risperdal®).

Aripiprazol (nombre comercial: Abilify®).

- Inhibidores de la recaptación de serotonina, o SRI, por su sigla en inglés (antidepresivos).

Ejemplos: Prozac®, Sarafem®, Celexa® y Cipramil®.

- Estimulantes y otros medicamentos para la hiperactividad.

Ejemplos: Ritalin®, Adderall® y Tenex®.

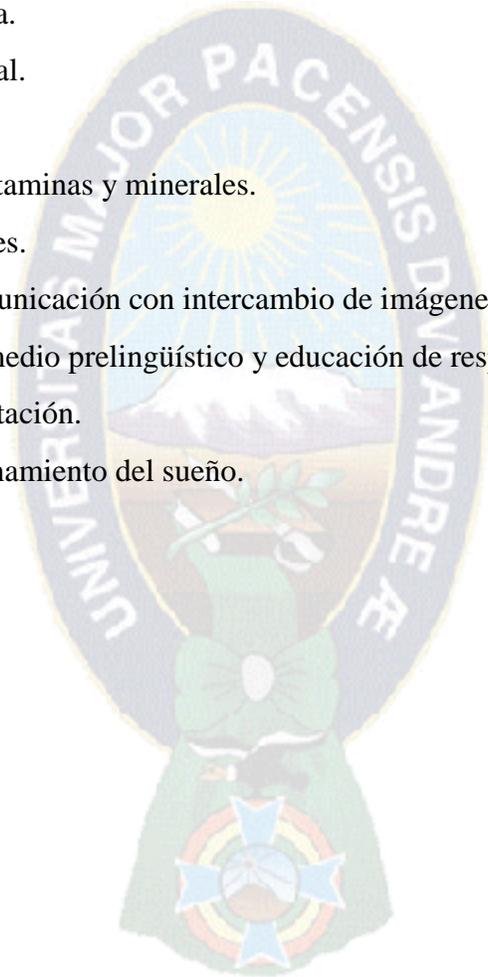
- **Secretina.** Este medicamento se usa para tratar problemas digestivos, pero algunos investigadores pensaron que podría ayudar también a los niños con síntomas de TEA.

- **Quelación.** Este tratamiento utiliza sustancias para retirar del organismo metales pesados que algunos investigadores piensan que causan autismo.

2.5.7.4 OTROS TRATAMIENTOS Y TERAPIAS

Otros tipos de tratamientos o terapias que se utilizan en niños y adolescentes con TEA son:

- Terapias del habla y el lenguaje.
- Terapia con música.
- Terapia ocupacional.
- Acupuntura.
- Suplementos de vitaminas y minerales.
- Terapia con masajes.
- El Sistema de comunicación con intercambio de imágenes.
- Enseñanza en un medio prelingüístico y educación de respuesta.
- Neuroretroalimentación.
- Educación y entrenamiento del sueño.



3 MARCO APLICATIVO

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentará el diseño del sistema experto que servirá como instrumento de apoyo al experto humano en el diagnóstico y tratamiento de Trastornos del espectro autista en niños y adolescentes.

Se describirá la metodología utilizada, la formalización de la información para la construcción de la base del conocimiento y su aplicación.

3.2 DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO CON LA METODOLOGÍA BUCHANAN

Esta metodología se basa en el ciclo de vida en cascada utilizado en los inicios de la ingeniería del software, de la que se puede deducir que el proceso de construcción de un sistema experto se plantea como un proceso de revisión casi constante, que puede implicar la redefinición de los conceptos, de las representaciones o el refinamiento del sistema implementado.

3.2.1 ETAPA DE IDENTIFICACIÓN

3.2.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La realidad de los niños y adolescentes con autismo en Bolivia es muy dura. Los principales problemas por los que atraviesan son: la falta de especialistas en el área, que determinen diagnósticos oportunos y certeros lo que ocasiona la ausencia de un diagnóstico y así la inclusión a instituciones especializadas para el tratamiento y formación de estas personas.

3.2.1.2 FAMILIARIZACIÓN CON EL DOMINIO

Para familiarizarse con el problema y el dominio se realizaron entrevistas al experto para validar la información encontrada y enriquecer la misma. Una vez identificados el problema y el dominio se pasa a identificar las tareas del Sistema Experto.

Tareas del Sistema Experto:

- Permitir ingresar los datos necesarios del paciente y almacenarlos en una Base de datos.
- Brindar un diagnóstico del Trastorno Espectro Autista en base a un test de preguntas diferenciadas para los niños y adolescentes con un nivel de gravedad.
- Sugerir opciones de tratamientos en base al diagnóstico obtenido.
- Permitir editar el conocimiento almacenado en la Base de Conocimientos.

3.2.1.3 IDENTIFICACIÓN Y BÚSQUEDA DEL EXPERTO HUMANO

Encontrar el experto humano es muy importante para el sistema experto pues es el quien provee toda la información necesaria para el desarrollo de la base de conocimiento, se debe hacer notar que el experto humano no solo aporta con su conocimiento científico, sino que además aporta su experiencia profesional, es decir lo que ha aprendido en el trabajo cotidiano.

En éste punto se cuenta con la ayuda de un Experto Pediatra quién está de acuerdo en colaborar en la construcción del sistema; como también en la definición de las cuales son las funciones o tareas más idóneas para ser realizadas por el sistema experto.

3.2.1.4 IDENTIFICAR PARTICIPANTES QUE INTERVIENEN EN EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO PROPUESTO.

Los participantes que intervienen y las relaciones existentes entre los mismos se pueden observar en la Figura 3.1.

Un componente esencial para el desarrollo del sistema experto es el experto humano que viene a ser el Pediatra que proporcione sus conocimientos debido a la experiencia para la elaboración del sistema experto, junto al ingeniero del conocimiento desarrollan un sistema que abarque todos los conocimientos del experto humano, para el paciente, padres de familia, tutores que son el usuario final.



Figura 3.1 Componentes de un SE
Fuente: Elaboración propia

3.2.2 ETAPA DE CONCEPTUALIZACIÓN

Se analizan los conceptos vertidos por el experto de campo con el objetivo de identificar y caracterizar el problema informalmente.

Significa que por medio de entrevistas con el experto, 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, que problemas va a resolver concretamente el sistema experto.

3.2.2.1 EXTRACCIÓN DEL CONOCIMIENTO

a) TRASTORNO DE ESPECTRO AUTISTA

El trastorno del espectro autista es una alteración donde existen:

- A. Deficiencias persistentes en la comunicación social y en la interacción social en diversos contextos.
- B. Patrones restrictivos y repetitivos de comportamientos, intereses o actividades.
- C. Los síntomas han de estar presentes en las primeras fases del periodo de desarrollo (pero pueden no manifestarse totalmente hasta que la demanda social supera las capacidades

limitadas, o pueden estar enmascarados por estrategias aprendidas en fases posteriores de la vida. (DSM-V,2013).

Comunicación social

- Desarrollo deficiente del lenguaje hablado
- Con frecuencia repiten frases o palabras(ecolalia) dificultades para expresarse
- Su voz tiene un tono monótono, le falta ritmo o tiene una entonación rara
- No responde a su nombre
- Déficit en la comunicación no verbal
- Fracaso en la sonrisa social
- Consigue cosas por sí mismo, sin pedir las
- Ausencia de juegos de representación o imitación social
- Usa un lenguaje demasiado formal; no incluye jerga, decires o expresiones

Interacciones sociales

- Tiene intereses obsesivos
- No “muestra” objetos a los demás
- No demuestran interés por otros niños de su edad ni juegan con ellos
- Escaso reconocimiento o respuesta a la felicidad o tristeza de otras personas
- No se une a otros en juegos de imaginación compartidos
- Preferencia por actividades solitarias
- Relación con adultos inapropiada (demasiado intensa o inexistente)
- Escasa utilización social de la mirada
- Tienen dificultades para entender gestos, complicidades o palabras

Patrones restrictivos y repetitivos de comportamientos, intereses o actividades

- Insistencia en rutinas
- Resistencia a los cambios en situaciones poco estructurada
- Juegos repetitivos con juguetes (ej. alinear objetos, encender y apagar luces, etc.)
- Apego inusual a algún juguete

- Hipersensibilidad a los sonidos, al tacto y ciertas texturas
- Respuesta inusual al dolor
- Movimientos extraños como andar de puntillas, aleteo de manos, giro de ojos, etc.
- No perciben el peligro
- Con frecuencia hay rabietas y berrinches
- Demuestran capacidades especiales en: música, matemática, destreza manual, excelente memoria
- Evitan el contacto corporal
- Exhibe torpeza o falta de destreza
- Muestra reacciones extremas ante la invasión de su espacio personal o mental

b) SÍNTOMAS

Antes de los 12 meses

- Poca frecuencia del uso de la mirada dirigida a personas
- No muestra anticipación cuando va a ser cogido
- Falta de interés en juegos interactivos simples como el “cucu-tras” o el “toma y daca”
- Falta de sonrisa social
- Falta de ansiedad ante los extraños sobre los 9 meses

Después de los 12 meses

- Menor contacto ocular
- No responde a su nombre
- No señala para “pedir algo”(protoimperativo)
- No muestra objetos
- Respuesta inusual ante estímulos auditivos
- Falta de interés en juegos interactivos simples como el “cucu-tras” o el “toma y daca”

- No mira hacia donde otros señalan
- Ausencia de imitación espontánea
- Ausencia de balbuceo social/comunicativo como si conversara con el adulto

Entre los 18-36 meses

- No señala con el dedo para “compartir un interés” (protodeclarativo)
- Dificultades para seguir la mirada del adulto
- No mirar hacia donde otros señalan
- Retraso en el desarrollo del lenguaje comprensivo y/o expresivo
- Falta de juego funcional con juguetes o presencia de formas repetitivas de juego con objetos (ej. Alinear, abrir y cerrar, encender y apagar, etc)
- Ausencia de juego simbólico
- Falta de interés en otros niños o hermanos
- No suele mostrar objetos
- No responde cuando se le llama
- No imita ni repite gestos o acciones que otros hacen (ej. Muecas, aplaudir)
- Pocas expresiones para compartir afecto positivo
- Antes usaba palabras pero ahora no (regresión en el lenguaje)

Síntomas en niños (mayores de 3 años) y adolescentes

- Desarrollo deficiente del lenguaje hablado
- Con frecuencia repiten frases o palabras(ecolalia) dificultades para expresarse
- Su voz tiene un tono monótono, le falta ritmo o tiene una entonación rara
- No responde a su nombre
- Déficit en la comunicación no verbal
- Fracaso en la sonrisa social
- Consigue cosas por sí mismo, sin pedir las

- Ausencia de juegos de representación o imitación social
- Usa un lenguaje demasiado formal; no incluye jerga, decires o expresiones
- Tiene intereses obsesivos
- No “muestra” objetos a los demás
- No demuestran interés por otros niños de su edad ni juegan con ellos
- Escaso reconocimiento o respuesta a la felicidad o tristeza de otras personas
- No se une a otros en juegos de imaginación compartidos
- Preferencia por actividades solitarias
- Relación con adultos inapropiada (demasiado intensa o inexistente)
- Escasa utilización social de la mirada
- Tienen dificultades para entender gestos, complicidades o palabras
- Insistencia en rutinas
- Resistencia a los cambios en situaciones poco estructurada
- Juegos repetitivos con juguetes (ej. alinear objetos, encender y apagar luces, etc.)
- Apego inusual a algún juguete
- Hipersensibilidad a los sonidos, al tacto y ciertas texturas
- Respuesta inusual al dolor
- Movimientos extraños como andar de puntillas, aleteo de manos, giro de ojos, etc.
- No perciben el peligro
- Con frecuencia hay rabietas y berrinches
- Demuestran capacidades especiales en: música, matemática, destreza manual, excelente memoria
- Evitan el contacto corporal
- Exhibe torpeza o falta de destreza
- Muestra reacciones extremas ante la invasión de su espacio personal o mental

3.2.3 ETAPA DE FORMALIZACIÓN

3.2.3.1 BASE DE CONOCIMIENTO

Para representar la base de conocimientos 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 definida de acuerdo a un conjunto de hechos.

3.2.3.2 DEFINICIÓN Y CODIFICACIÓN DE VARIABLES

El sistema experto tiene los síntomas que cada paciente presenta, los síntomas que obtendrá a través de la respuesta a las preguntas que contiene el sistema, que son necesarias para el desarrollo del sistema.

Se realizaron preguntas cuyas respuestas son cerradas entre SI o NO. A continuación se muestra la Tabla 3.1 de variables lingüísticas.

Tabla 3.1 Variables lingüísticas

Nro.	Cód.	Variable Lingüística	Valor lingüístico
1	AUT1	Ausencia o retraso en el lenguaje hablado	SI , NO
2	AUT2	Entonación anormal	SI , NO
3	AUT3	Repite frases o palabras (ecolalia).	SI , NO
4	AUT4	No responde a su nombre	SI , NO
5	AUT5	Déficit en la comunicación no verbal	SI , NO
6	AUT6	Fracaso en la sonrisa social	SI , NO
7	AUT7	Consigue cosas por sí mismo, sin pedir las	SI , NO
8	AUT8	Ausencia de juegos de representación o imitación social	SI , NO

9	AUT9	No imitan ni entienden los gestos de otras personas	SI , NO
10	AUT10	No “muestra” objetos a los demás	SI , NO
11	AUT11	No demuestran interés por otros niños de su edad ni juegan con ellos	SI , NO
12	AUT12	Escaso reconocimiento a sentimientos(tristeza, alegría) de otras personas	SI , NO
13	AUT13	Preferencia por actividades solitarias	SI , NO
14	AUT14	Relación con adultos inapropiada	SI , NO
15	AUT15	Evitan el contacto visual	SI , NO
16	AUT16	Dificultades para entender gestos, complicidades o palabras	SI , NO
17	AUT17	Insistencia en rutinas	SI , NO
18	AUT18	Resistencia a los cambios	SI , NO
19	AUT19	Juegos repetitivos	SI , NO
20	AUT20	Apego inusual a algún juguete	SI , NO
21	AUT21	Hipersensibilidad a los sonidos, al tacto y ciertas texturas	SI , NO
22	AUT22	Movimientos extraños como andar de puntillas, aleteo de manos, giro de ojos	SI , NO
23	AUT23	No perciben el peligro	SI , NO
24	AUT24	Con frecuencia hay rabietas y berrinches	SI , NO
25	AUT25	Demuestran capacidades especiales	SI , NO
26	AUT26	Evitan el contacto corporal	SI , NO
27	AUT27	Exhibe torpeza o falta de destreza	SI , NO
28	AUT28	Muestra reacciones extremas ante la invasión de su espacio personal o mental	SI , NO
29	AUT29	Ausencia de balbuceo social/comunicativo	SI , NO
30	AUT30	No mirar hacia donde otros señalan	SI , NO

Fuente: Elaboración propia



3.2.3.3 ÁRBOL DE DECISIÓN

Un árbol de decisión es tanto un esquema de representación del conocimiento como un método de razonamiento sobre el conocimiento que permite obtener reglas restantes para la base de conocimientos, que conforman el conocimiento abstracto y concreto.

En este árbol de decisión se verá la gravedad del Trastorno según el Manual Diagnóstico y estadístico de Trastornos Mentales (DSM-5), como se observa en la Figura 3.2 los que están a la izquierda si cumplen esos síntomas tendrá Autismo leve, pero si cumplen los síntomas del medio o los de la izquierda o del medio puede tener autismo moderada y finalmente si cumple los síntomas de la derecha o todos entonces tiene autismo grave.

3.2.4 MOTOR DE INFERENCIA

3.2.4.1 FUZZIFICACIÓN DE LAS VARIABLES LINGÜÍSTICAS

Se transforma las variables lingüísticas de entrada a las funciones de pertenencia adecuadas para el trastorno, no necesitan función de pertenencia ya que se utiliza la lógica clásica, además se considera para las preguntas que presentan más opciones de respuestas deben estar representadas por una función de pertenencia donde se evalúa las respuestas y en base a las respuestas se tiene las siguientes funciones.

De estas expresiones con el juicio, la experiencia y con la ayuda del especialista se pueden sacar las etiquetas para los conjuntos difusos con los que se trabajan, en los casos tenemos como etiquetas de las funciones de pertenencia del nivel de gravedad a leve, moderado, grave. Además estos conjuntos tendrán una ponderación en base a grados.

Nivel de gravedad

Definimos tres conjuntos difusos para determinar el nivel de gravedad del trastorno que puede presentar un paciente. Usando la Figura 3.3 obtenemos:

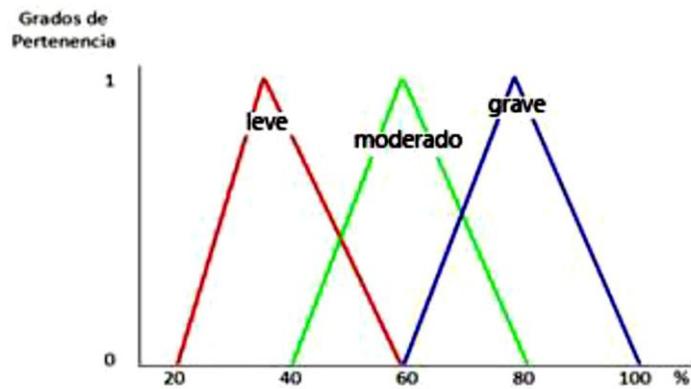


Figura 3.3 Conjunto difuso Nivel de gravedad
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2 Función de pertenencia Nivel de gravedad

FUNCIÓN DE PERTENENCIA: Nivel de gravedad		
Leve (x)	0 $(x-20)/20$ $(60-x)/20$ 0	Si $x \leq 20$ Si $20 \leq x \leq 40$ Si $40 \leq x \leq 60$ Si $x \geq 60$
Moderado(x)	0 $(x-40)/20$ $(80-x)/20$ 0	Si $x \leq 40$ Si $40 \leq x \leq 60$ Si $60 \leq x \leq 80$ Si $x \geq 80$
Grave(x)	0 $(x-60)/20$ $(100-x)/20$ 0	Si $x \leq 60$ Si $60 \leq x \leq 80$ Si $80 \leq x \leq 100$ Si $x \geq 100$

Fuente: Elaboración propia

En conclusión la gravedad del trastorno se medirá según porcentaje de la siguiente forma leve, moderada o grave.

Leve: si el paciente presenta los cinco principales síntomas que se mencionó en la Figura 3.2 estará en el rango del 20% y 60%.

Moderado: si el paciente además de los principales síntomas presenta los 6 siguientes síntomas entonces estará en el rango del 40% y 80%.

Grave: por ultimo si el paciente ya presenta síntomas más difíciles de tratar entonces estará en el rango de 60% y 100%.

3.2.4.2 BASE DE HECHOS

La base de hechos alberga los datos propios correspondientes a los problemas que se desea tratar con la ayuda del modelo difuso, la base de hechos dispone de los signos y síntomas de los Trastornos del espectro autista.

A continuación exponemos los hechos extractados de los casos dados por el Pediatra, según los síntomas más comunes que presentan las personas que padecen este trastorno son los siguientes. Se describen los hechos de manera general obtenidos para el sistema experto.

Hecho 1: No habla o ha dejado de hacerlo

Hecho 2: Su lenguaje es poco repetitivo y poco funcional (ecolalia)

Hecho 3: Su voz tiene un tono monótono, le falta ritmo o tiene una entonación rara

Hecho 4: No reacciona a su nombre, parece sordo

Hecho 5: Déficit en la comunicación no verbal

Hecho 7: No responde a la sonrisa de otros

Hecho 8: Consigue cosas por sí mismo, sin pedir las

Hecho 9: Le resulta difícil jugar con niños a juegos que implican fingir o imitar

Hecho 10: Usa un lenguaje demasiado formal; no incluye jerga, decires o expresiones

Hecho 11: Tiene intereses obsesivos

Hecho 12: No señala para enseñar algo que ocurre o está viendo

Hecho 13: No demuestra interés por otros niños de su edad ni juegan con ellos

- Hecho 14: Tiene dificultades para comprender los sentimientos (felicidad o tristeza) de otras
- Hecho 15: Prefiere hacer las cosas solo o estar solo
- Hecho 16: Relación con adultos inapropiada (demasiado intensa o inexistente)
- Hecho 17: No miran a los ojos
- Hecho 18: Tiene dificultades para entender gestos, complicidades y emociones
- Hecho 19: Le molesta que su rutina sea interrumpida
- Hecho 20: Resistencia a los cambios en situaciones poco estructuradas
- Hecho 21: Alinea u ordena las cosas innecesariamente (ej. alinear objetos, encender y apagar luces, etc.)
- Hecho 22: Apego inusual a algún juguete
- Hecho 23: Muestran fascinación por objetos que giran y por determinados sonidos
- Hecho 24: Respuesta inusual al dolor
- Hecho 25: Movimientos extraños como andar de puntillas, aleteo de manos, giro de ojos
- Hecho 26: No perciben el peligro
- Hecho 27: Con frecuencia hay rabietas y berrinches
- Hecho 28: Demuestran capacidades especiales en: música, matemática, destreza manual, excelente memoria
- Hecho 29: Evitan el contacto corporal (ej. abrazos)
- Hecho 30: No reacciona ante lo que ocurre a su alrededor
- Hecho 31: Exhibe torpeza o falta de destreza
- Hecho 30: No reacciona ante lo que ocurre a su alrededor
- Hecho 31: Exhibe torpeza o falta de destreza
- Hecho 32: Le gusta que le balanceen
- Hecho 33: Muestra interés por otros niños o niñas
- Hecho 34: Le gusta que el adulto juegue con él
- Hecho 35: Hace juegos imaginativos
- Hecho 36: Suele señalar con el dedo para pedir algo
- Hecho 37: Suele señalar con el dedo para indicar que algo le llama la atención

- Hecho 38: Puede jugar adecuadamente con piezas o juguetes pequeños
- Hecho 39: Suele traerle objetos para enseñárselos
- Hecho 40: Suele mirarle a los ojos durante unos segundos
- Hecho 41: Le parece demasiado sensible a ruidos poco intensos
- Hecho 42: Sonríe al verle
- Hecho 43: Puede imitar o repetir gestos o acciones que usted hace
- Hecho 44: Responde cuando se le llama por su nombre
- Hecho 45: Le sigue con la mirada si apunta a un lugar
- Hecho 46: Ha aprendido ya a andar
- Hecho 47: Hace sus movimientos raros con los dedos
- Hecho 48: Intenta que usted preste atención a las actividades que el o ella está haciendo
- Hecho 49: Entiende lo que la gente dice
- Hecho 50: Se queda a veces mirando al vacío
- Hecho 51: Reacciona mirando primero a otra persona

3.2.4.3 BASE DE REGLAS

Para almacenar todo el conocimiento obtenido, en la fase del conocimiento hacemos uso de las reglas.

La base de conocimiento para el sistema experto está formado por reglas difusas, se propone una relación: Síntomas-Diagnósticos, donde los hechos son representaciones de los síntomas para un diagnóstico calificándose a una anomalía notoria como un síntoma.

IF < Hechos. Premisas> THEN <decisión – conclusión>

Dónde:

IF

Premisas

Hechos observados en la realización del test, captura de síntomas.

<Datos provistos a través de cada pregunta>

THEN

Conclusiones

Para almacenar todo el conocimiento obtenido, en la base de conocimiento hacemos uso de las reglas. Esta relaciona dos o más afirmaciones para determinar la creencia en las conclusiones, en nuestro caso las proposiciones corresponden a los síntomas que el paciente presenta y la conclusión hace referencia si existe o no la posibilidad de tener el TEA.

A continuación se muestran parte de las reglas para el diagnóstico del Trastorno del espectro autista, cuyos valores serán pedidos por sí o no:

REGLA 1:

Si AUT1= “No” AND AUT2 = “No” AND AUT3=“Si” AND AUT4 = “No” AND AUT5=“No” AND PS=“Si” AUT6= “No” AND AUT7 = “Si” AND AUT8=“No” AND AUT9 = “Si” AND AUT10=“Si” AUT11= “Si” AND AUT12 = “Si” AND AUT13=“No” AND AUT14 = “No” AND AUT15=“Si” AUT16= “No” AND AUT17 = “Si” AND AUT18=“ No” AND AUT19 = “No” AND AUT20=“ No” AUT21= “No” AND AUT22 = “No” AND AUT23=“Si” AND AUT24 = “Si” AND AUT25=“Si” AUT26= “No” AND AUT27= “No” AND AUT28=“ No” **ENTONCES** “Presenta Autismo leve se recomienda una intervención psicológica en Habilidades sociales y conducta”

REGLA 2:

Si AUT1= “Si” AND AUT2 = “No” AND AUT3=“Si” AND AUT4 = “Si” AND AUT5=“Si” AND PS=“Si” AUT6= “No” AND AUT7 = “Si” AND AUT8=“No” AND AUT9 = “Si” AND AUT10=“Si” AUT11= “Si” AND AUT12 = “Si” AND AUT13=“Si” AND AUT14 = “Si” AND AUT15=“Si” AUT16= “Si” AND AUT17 = “Si” AND AUT18=“ No” AND AUT19 = “No” AND AUT20=“ No” AUT21= “No” AND AUT22 = “No” AND AUT23=“Si” AND AUT24 = “Si” AND AUT25=“Si” AUT26= “No” AND AUT27= “No” AND AUT28=“ No” **ENTONCES** “Presenta Autismo moderado se sugiere Intervención psicológica, tratar las emociones y sentimientos asociados, comunicación verbal y contacto visual”

REGLA 3:

Si AUT1= “Si” AND AUT2 = “Si” AND AUT3=“Si” AND AUT4 = “Si” AND AUT5=“Si” AND PS=“Si” AUT6= “No” AND AUT7 = “Si” AND AUT8=“No” AND AUT9 = “Si” AND AUT10=“Si” AUT11= “Si” AND AUT12 = “Si” AND AUT13=“Si” AND AUT14 = “Si” AND AUT15=“Si” AUT16= “Si” AND AUT17 = “Si” AND AUT18=“ No” AND AUT19 = “No” AND AUT20=“ Si” AUT21= “No” AND AUT22 = “No” AND AUT23=“Si” AND AUT24 = “Si” AND AUT25=“Si” AUT26= “No” AND AUT27= “No” AND AUT28=“ No” **ENTONCES** “Presenta Autismo grave se sugiere comenzar con una intervención psicólogo, pediatra, Habilidades sociales, Terapias del habla y lenguaje, Terapias conductuales, brindar educación especial”

REGLA 4:

Si AUT1= “No” AND AUT2 = “No” AND AUT3=“Si” AND AUT4 = “No” AND AUT5=“No” AND PS=“Si” AUT6= “No” AND AUT7 = “Si” AND AUT8=“No” AND AUT9 = “Si” AND AUT10=“Si” AUT11= “Si” AND AUT12 = “Si” AND AUT13=“Si” AND AUT14 = “Si” AND AUT15=“No” AUT16= “No” AND AUT17 = “No” AND AUT18=“ No” AND AUT19 = “No” AND AUT20=“ No” AUT21= “” AND AUT22 = “No” AND AUT23=“No” AND AUT24 = “No” AND AUT25=“No” AUT26= “Si” AND AUT27= “Si” AND AUT28=“ No” **ENTONCES** “No presenta rasgos de autismo”

3.2.4.4 DEFUZZIFICACIÓN DE LAS VARIABLES LINGÜÍSTICAS

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

Un niño que presenta los siguientes síntomas: Desarrollo deficiente del lenguaje hablado, no percibe el peligro, evita el contacto corporal, respuesta inusual al dolor.

Para explicar la interpretación del diagnóstico del Trastorno del espectro autista se toma en cuenta las siguientes variables del caso a tratar.

✓ Desarrollo deficiente del lenguaje hablado

Se toma el valor de 30 para el síntoma Desarrollo deficiente del lenguaje hablado que están dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

Leve(x)	0	Si $x \leq 20$
	$(x-20)/20$	Si $20 <= x <= 40$
	$(60-x)/20$	Si $40 <= x <= 60$
	0	Si $x >= 60$

$$\mu_{\text{(leve)}}(30) = (40-30)/20 = 10/20 = 0.5$$

✓ **No percibe el peligro**

Se toma el valor de 70 para el síntoma de no percibe el peligro que están dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

Moderado(x)	0	Si $x \leq 40$
	$(x-20)/20$	Si $40 <= x <= 60$
	$(80-x)/20$	Si $60 <= x <= 80$
	0	Si $x >= 80$

$$\mu_{\text{(moderado)}}(70) = (80-70)/20 = 10/20 = 0.5$$

✓ **Evita el contacto corporal**

Se toma el valor de 78 para el síntoma evita el contacto corporal que están dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

Moderado(x)	0	Si $x \leq 40$
	$(x-20)/20$	Si $40 <= x <= 60$
	$(80-x)/20$	Si $60 <= x <= 80$
	0	Si $x >= 80$

$$\mu_{\text{(moderado)}}(78) = (80-78)/20 = 0.1$$

✓ **Respuesta inusual al dolor**

Se toma el valor de 75 para el síntoma respuesta inusual al dolor que están dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

moderado(x)	0	Si $x \leq 40$
	$(x-20)/20$	Si $40 \leq x \leq 60$
	$(80-x)/20$	Si $60 \leq x \leq 80$
	0	Si $x \geq 80$

$$\mu_{\text{(moderado)}}(75) = (80-75)/20 = 5/20 = 0.25$$

Ahora utilizamos la función Centros Promediados:

$$y = \frac{\text{desarrollo deficiente del habla} * \mu_{\text{(leve)}} + \text{no percibe el peligro} * \mu_{\text{(moderado)}} + \text{evita el contacto corporal} * \mu_{\text{(moderado)}} + \text{respuesta inusual al dolor} * \mu_{\text{(moderado)}}}{\mu_{\text{(leve)}} + \mu_{\text{(moderado)}} + \mu_{\text{(moderado)}} + \mu_{\text{(moderado)}}}$$

$$y = \frac{30 * 0.5 + 70 * 0.5 + 78 * 0.1 + 75 * 0.25}{0.5 + 0.5 + 0.1 + 0.25}$$

$$y = \frac{15 + 35 + 7.8 + 18.75}{0.5 + 0.5 + 0.1 + 0.25}$$

$$y = 56.70$$

Por tanto podemos concluir que el grado de certeza es de 56.70% que el niño tiene Trastorno del espectro autista de tipo moderado.

3.2.5 ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN

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

3.2.5.1 HARDWARE

Las características mínimas de hardware son: Un equipo Pentium IV con microprocesador de 2000 MHz, y memoria RAM de 1 GB. Sistema Operativo Windows XP o versiones superiores.

3.2.5.2 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Para la programación se utilizó SWI-Prolog es la herramienta más adecuada para desarrollo de lógica de predicados que se representa como reglas, este programa de SWI-Prolog son muy rápidos para una programación, de lógica de predicados.

Como también se aplicó la librería XPCE/Prolog para la interfaz gráfica entre el usuario y el sistema experto.

Se utilizó el Gestor de base de datos MySQL , se realizó la conexión con prolog a través de la Conectividad abierta de base de datos –ODBC, para el registro de pacientes con su diagnóstico.

3.2.5.3 PROTOTIPO

La pantalla principal del prototipo del Sistema Experto donde se muestra dos botones uno es el de COMENZAR y otro SALIDA de la interfaz.



Figura 3.4 Pantalla de inicio del Sistema Experto

Fuente: Elaboración propia

El botón de COMENZAR que ingresa a la siguiente pantalla del sistema en la Figura 3.4 se puede ingresar al diagnóstico de dos formas: Una es escogiendo la opción INICIAR entre los botones de niños y jóvenes y la otra es ingresar por el botón REGISTRAR.



Figura 3.5 Pantalla de inicio de Diagnostico
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.6 Pantalla registro de datos
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.7 Pantalla de informe registro
Fuente: Elaboración propia

Se debe contestar todas las preguntas para que el sistema funcione satisfactoriamente.

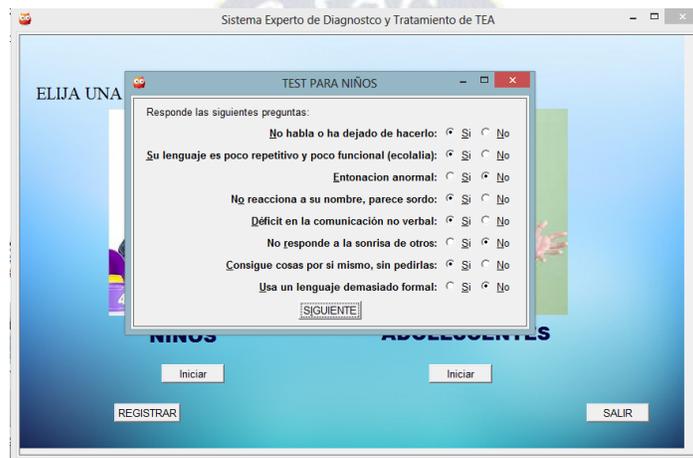


Figura 3.8 Preguntas de autismo, primera parte
Fuente: Elaboración propia



Figura 3.9 Preguntas de autismo, tercera parte
Fuente: Elaboración propia

Una vez llegado al final de las preguntas en la Figura 3.10 se presiona e botón diagnóstico para evaluar y poder dar una respuesta.

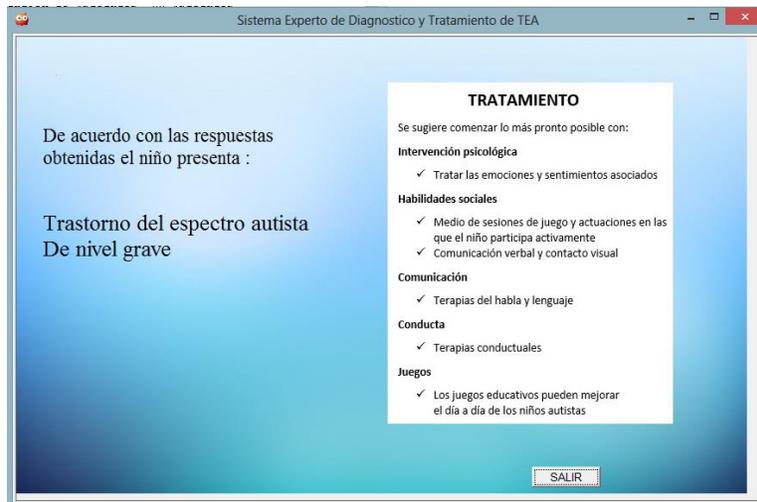


Figura 3.10 Pantalla de inicio de Diagnostico

Fuente: Elaboración propia

Por último el sistema experto nos muestra el diagnóstico del paciente.

4 CALIDAD

4.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo tiene como objetivo, determinar la calidad del sistema experto, tomando en cuenta el conjunto de problemáticas ya establecidas. Se propone la utilización del estándar o norma ISO 9126.

Se consideran los factores que sugiere la norma ISO-9126, de los cuales se tomaron aquellas que se apegan al sistema experto. Los cuáles serán: usabilidad, funcionalidad, confiabilidad, eficiencia, mantenibilidad y transportabilidad.

El objetivo es alcanzar el nivel de calidad necesario y suficiente para la evaluación del proyecto y cumplir satisfactoriamente las necesidades del usuario. Pressman, (2002) define la satisfacción como:

Satisfacción de usuario = producto satisfactorio + buena calidad + entrega del producto dentro de lo propuesto y tiempo establecido.

Una vez establecidos los factores a evaluar, se genera la tabla 4.1 para identificar un orden de acuerdo al grado de influencia del sistema.

Tabla 4.1 Relevancia de los factores de calidad y los aspectos del software

Factores de calidad según el estándar ISO 9126	
Mayor importancia.	 1. Usabilidad 2. Funcionalidad 3. Eficiencia
Menor importancia	 4. Confiabilidad 5. Mantenibilidad 6. Transportabilidad

Fuente: (Pressman, 2005)

4.2 FACTORES DE CALIDAD SEGÚN ESTÁNDAR ISO – 9126

ISO 9126 es un estándar internacional para la evaluación del software, originalmente desarrollado en 1991 para proporcionar un esquema para la evaluación de calidad. La normativa define seis características que son:

4.2.1 USABILIDAD (FACTIBILIDAD DE USO)

La usabilidad es el esfuerzo requerido por el usuario para utilizar el producto satisfactoriamente. Viene reflejada en la facilidad de comprensión, facilidad de aprendizaje y facilidad de operabilidad.

Para comprobar la usabilidad se considera el método propuesto por Jacob Nielsen, para quien, la usabilidad es una medida abstracta.

4.2.1.1 TEST DE USUARIO FINAL

Consiste en una evaluación escrita después de las pruebas finales con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de 100, para ver el grado de uso de los usuarios respecto a la aplicación, se utilizó preguntas mostradas en la tabla.

Tabla 4.2 Valores de ajuste, según (Pressman, 2002)

Nro.	Factor de ajuste respecto al sistema experto	Valor obtenido %
1	Es entendible	90
2	Es operable	90
3	Es acorde a la problemática del trastorno	95
4	Ayuda a obtener un diagnostico	100
5	Ayuda a obtener un buen diagnostico	100
6	Puede ser usado fácilmente	90
Promedio		$\bar{x}=94.16\%$

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la aplicación móvil obtuvo un valor de usabilidad de 94.16 %, se interpreta como la facilidad de uso de la aplicación mediante las interfaces, es decir, que de 100 usuarios 94 pudieron entender y operar la aplicación sin ninguna dificultad.

4.2.2 EFICIENCIA

Es la relación entre las prestaciones del software y los requisitos necesarios para su utilización. Indicada por los tiempos de uso y recursos utilizados.

Se definieron cuatro preguntas mostradas en la tabla 4.3, para evaluar la eficiencia del sistema y se pondero con valores de 0 – 100.

Tabla 4.3 Factores de Eficiencia

Nro.	Factores a Evaluar	Cantidad
1	¿El tiempo promedio de respuestas a las consultas es adecuado?	90
2	Tiene rendimiento de acuerdo a los factores que utiliza	92
3	Brinda respuestas adecuadas a las consultas dadas	98
	Promedio	93.33

Fuente: Elaboración propia

Se brinda una eficiencia de 93.33 % en el sistema experto.

4.2.3 CONFIABILIDAD (FIABILIDAD)

Es la capacidad del software de mantener las prestaciones requeridas del sistema, durante un tiempo establecido y bajo un conjunto de condiciones definidas. También Pressman define como: “Probabilidad de operación libre de fallos de un programa de computadora en un entorno determinado y en un tiempo específico”.

Una medida de confiabilidad es el tiempo medio entre fallos:

$$TMEF = TMDF + TMDR$$

Dónde:

TMEF – Tiempo medio entre fallos

TMDF – Tiempo medio de fallo

TMDR – Tiempo medio de reparación

Reemplazando valores:

$$TMEF=6 \text{ hrs de trabajo}+0.5 \text{ hrs de reparacion}=6.5 \text{ horas}$$

Medida de disponibilidad de la aplicación, que será la probabilidad de que la aplicación funcione de acuerdo a los requisitos dados en un momento determinado.

$$Disponibilidad = \frac{TMDF}{TMDF+TMDR} = \frac{6 \text{ hrs}}{6\text{hrs}+0.5 \text{ hrs}} = 0.9230$$

Finalmente se obtiene una confiabilidad de 92.30 %.

4.2.4 MANTENIBILIDAD

Es el esfuerzo necesario para adaptarse a las nuevas especificaciones y requisitos del software. No existe forma de medir directamente la facilidad de mantenimiento, Pressman sugiere medidas indirectas para medir el grado de mantenibilidad.

Para poder realizar una modificación sin alterar la funcionabilidad de la aplicación se debe tomar los siguientes puntos: Facilidad de Análisis, Facilidad de Cambio, Estabilidad y Facilidad de prueba. Además de que el desarrollador debe realizarse una serie de preguntas descritas en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Factores de Mantenibilidad

Nro.	Factores de ajustes	Valor
1	Se pueden identificar las partes que deben ser modificadas	90
2	existe facilidad de realizar cambios	85
3	Es fácil analizar un error	85
4	Los cambios mejoran la facilidad de pruebas	95
5	Los cambios permiten una mejor calidad	95
	Promedio	90

Fuente: Elaboración propia

Se tiene un 90% de mantenibilidad de software, lo que quiere decir que un desarrollador en sistemas expertos puede realizar cambios en el código y estructura interna y externa de la aplicación desarrollada.

4.2.5 TRANSPORTABILIDAD

Definida como la capacidad del software ser transferido de un entorno a otro. Toma en cuenta los siguientes puntos: Adaptabilidad, Instalabilidad, Coexistencia y capacidad para ser reemplazable. Además de los requerimientos de Software y Hardware para ser transportado.

Tabla 4.5 Resultado del aspecto de calidad

Nro.	Factores de ajustes	Valor
1	Facil de identificar el instalador del sistema experto	90
2	Puede ser transferido de una computadora a otra	95
3	Necesita Requerimientos de SW Y HW	85
4	Se brinda ayuda para la instalación	95
	Promedio	91.2

Fuente: Elaboración propia

Así la aplicación móvil tiene 91.2% de poder ser transferido e instalado en más de un dispositivo móvil a otro, sin tener dificultades de adaptabilidad o reinstalación.

4.2.6 RESULTADO DE LOS ASPECTOS DE CALIDAD

El aspecto de calidad está relacionado directamente con el grado de satisfacción del usuario. Lo cual la tabla 4.6 muestra el resultado de calidad del sistema experto.

Tabla 4.6 Resultado de aspecto de calidad

CARACTERÍSTICAS ISO-9126	RESULTADOS
Usabilidad	94.16%
Funcionabilidad	87.40%
Eficiencia	93.33%
Confiabilidad	92.30%
Mantenibilidad	90.00%
Transportabilidad	91.20%
SUMA TOTAL	91.39%

Fuente: Elaboración propia



5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

5.1 ANÁLISIS DE COSTOS CON EL MODELO COCOMO

Para calcular el esfuerzo y el costo de desarrollo de software se utilizara el modelo COCOMO, que en función del programa expresado en las líneas de código estimadas podemos calcular los valores del esfuerzo y costo.

El presente trabajo se considera como un proyecto de software orgánico por contener unas pocas miles de líneas de código, lo que hace que el proyecto sea relativamente pequeño en donde trabajan pequeños equipos, con buena experiencia en aplicaciones de sistemas expertos sobre un conjunto de requisitos poco rígidos, las ecuaciones de este modelo vienen dadas por:

$$E = aKLDC^b, \quad D = cE^d$$

Dónde:

E = Es el esfuerzo expresado en persona – mes.

D = Es el tiempo de desarrollo expresado en meses.

KLDC = Es el tamaño expresado en miles de líneas de código fuente.

Los valores de coeficientes (a, c) y exponentes (b, d) por el tipo de proyectos son los siguientes.

$$a = 2.4 \quad b = 1.05 \quad c = 2.5 \quad d = 0.38$$

El número de líneas de código aproximado del sistema experto es de 1500

Entonces reemplazando los valores de los coeficientes, exponentes definidos y con el factor KLDC = 2000 en las ecuaciones se obtiene los siguientes valores:

$$E = 2.4 * 2^{1.05} \quad E = 4.97 \text{ persona /mes}$$

$$D = 2.5 * 3.67^{0.38} \quad D = 4.14 \text{ meses}$$

El número de personas que intervienen en el desarrollo del proyecto – sistema viene dado por la siguiente formula.

$$P = \frac{E}{D} \quad P = \frac{4.97}{4.14} \quad P=1.2 \text{ persona}$$

Entonces se necesitan una persona analista- programador para desarrollar el sistema en un lapso de 4 meses calendario, como se mencionó anteriormente respecto a la reutilización de código se tomara en cuenta el valor de 1 personas mes para realizar el proyecto.

Se consideran los siguientes aspectos para calcular el costo del proyecto en base al número de personas y el tiempo de trabajo en realizar una determinada fase del proyecto enmarcado en los 4 meses:

Tabla 5.1 Costo del proyecto

Fase	Cantidad de Personal	Perfil	Sueldo (\$u\$)	Tiempo(Mes)	Total (\$u\$)
Identificación conceptualización	1	Analista	250	1	250
Formalización	1	Programador	230	1	230
Implementación	1	Programadores	250	1	250
Testeo	1	Analista	250	1	250
Total (\$u\$)					980

Fuente: Elaboración propia

5.2 BENEFICIO

El beneficio se tratara en términos de Diagnostico – Paciente. Y el costo definido anteriormente por costo de la aplicación.

Prácticamente el beneficio del uso de la Sistema experto en los pacientes, brindara indirectamente un beneficio al diagnóstico y tratamiento del trastorno, en si es el cumplimiento del objetivo que se planteó en el Capítulo uno. La aceptación del sistema dependerá de la calidad con la que se desarrolló.

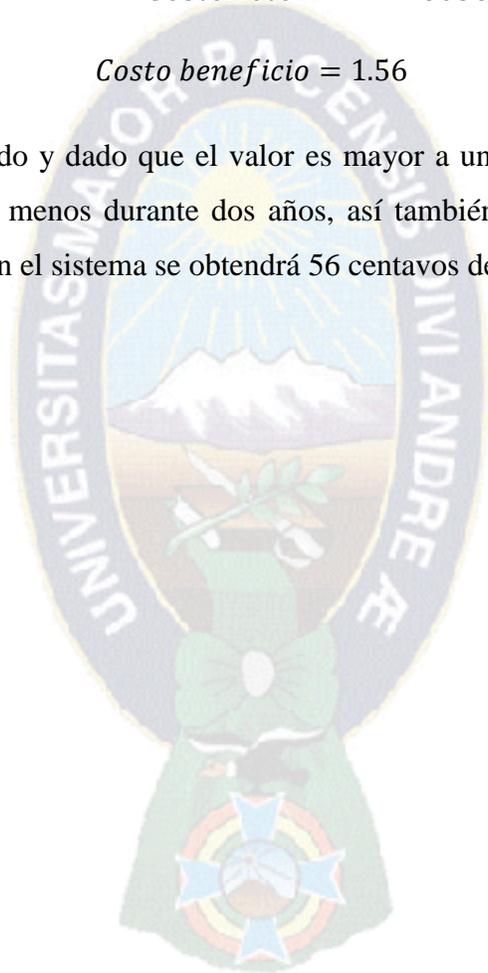
Con el resultado de la tabla 4.2 (página 69), se obtuvo un 94.16% de Aceptabilidad, relacionando con el costo del proyecto se tiene:

Para costo beneficio se realizara una tasa de descuento del 12%(i=0.12), puesto que es el interés de préstamos en las unidad financieras.

$$CostoBeneficio = \frac{\bar{x}}{CostoNeto} * 100 = \frac{94.16}{6036.8} * 100$$

$$Costo\ beneficio = 1.56$$

Con este resultado obtenido y dado que el valor es mayor a uno, podemos afirmar que el proyecto es viable por lo menos durante dos años, así también podemos indicar que por cada boliviano invertido en el sistema se obtendrá 56 centavos de ingreso.



6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- ✓ Los sistemas expertos son de mucha utilidad en la vida real ya que son un punto de referencia importante en la toma de decisiones, y de notable interés al momento de implementar sistemas que realizan tareas de apoyo en diagnósticos médicos basados en la experiencia humana de algún especialista en determinada área.
- ✓ El periodo de realización de un sistema experto es largo, no por el desarrollo de la aplicación, sino por el proceso de adquisición del conocimiento, ya que es un conocimiento especializado, con el cual el ingeniero del conocimiento no se encuentra familiarizado.
- ✓ Con respecto al diseño del aplicativo, este aspecto cumple con el desarrollo de las etapas propuestas de la metodología Buchanan, prosiguiendo a formalizar dicho conocimiento utilizando Lógica Difusa.
- ✓ Se diseñó una base de conocimiento, que contiene el conocimiento y experiencia del experto, esto hace que el sistema pueda ser confiable, además se representa el conocimiento en base a reglas de producción ya que ofrecen bastante facilidad para la creación y la modificación de la base de conocimiento como se muestra en el Capítulo III.
- ✓ De esta manera se logró alcanzar el objetivo general planteado en el Capítulo I desarrollando un sistema experto para el diagnóstico y tratamiento de trastornos del espectro autista en niños y adolescentes basados en Lógica Difusa, que permite dar un diagnóstico de detección y tratamiento que ayude a mejorar sus capacidades comunicativas y de interacción social.

6.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Dentro del diagnóstico y tratamiento del Sistema se consideró a niños y adolescentes, es por eso que se recomienda realizar un análisis en adultos, e

implementar la base de conocimientos de tal forma, que se pueda incrementar nuevos conocimientos al sistema experto.

- ✓ Existen varios sistemas expertos sobre el diagnóstico de enfermedades pero se tiene muy pocos sistemas en el área de trastornos mentales, es por eso que se recomienda ampliar el campo de investigación abarcando un mayor número de trastornos.
- ✓ Trabajar sobre la segunda etapa del sistema, en el que se realicen las descripciones de los trastornos, mediante la incorporación de una base de hechos mejorada y modelos de dominios de aplicación.
- ✓ Se recomienda utilizar otras herramientas como Redes Neuronales y los Algoritmos Genéticos, en la búsqueda de paradigmas que permitan el diseño e implementación de herramientas computacionales.



7 BIBLIOGRAFÍA

- APA. (2014). *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-5)*. Medica Panamericana.
- Castillo, E., Gutiérrez, J., & Hadi, A. (2000). *Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticos*. España: Universidad de Cantabria Santander.
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (Junio de 2016). Obtenido de www.cdc.gov
- Effective Health Care Program. (2014). *Tratamientos para los Niños con Trastorno del Espectro Autista*. www.ahrq.gov.
- Fernando, N. C. (2015). *Sistema Experto para el Diagnóstico de la Depresión de un Geronte Basado en Lógica Difusa*. La Paz-Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés.
- Forteza, S. M. (2011). *Los Trastornos del Espectro Autista en la Comunidad Canaria*. Las Palmas de gran Canaria: Universidad de Las Palmas de gran Canaria.
- Fundacion Autismo Diario. (s.f.). *Autismo Diario*. Obtenido de www.autismodiario.org
- Gordon, J. A. (s.f.). *National Institute of Mental Health*. Obtenido de www.nimh.nih.gov
- Lahoz, R. (2004). *Bioinformática simulación, vida artificial e Inteligencia artificial*. Madrid: Edición Díaz Santos S. A.
- Linda, D. M., Augusto, C. V., & Esteban, I. P. (2015). *Aplicación de la Metodología Buchanan*. Peru.
- Mamani, Q. N. (2015). *Sistema Experto para el Diagnóstico y Tratamiento de la Rosácea*. Universidad Mayor de San Andrés.

Martínez Díaz, M. (2009). *Apredizaje Artificial y Sistemas Expertos*. Obtenido de www.unl.edu.mx

Ministerio de Salud y Protección Social. (Marzo 2015). *Protocolo Clínico para el Diagnóstico, Tratamiento y Ruta de Atención*.

Ministerio de Sanidad y Política Social. (2010). *Guía de Practica Clínica para el Manejo de Pacientes con Trastorno del Espectro Autista en Atención Primaria*. Madrid-España: Unidad de Evaluación de Tecnologías Sanitarias.

Ponce, C. P. (2010). *Inteligencia Artificial con Aplicaciones a la Ingeniería*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.

Presman, R. S. (2014). *Ingeniería del software un enfoque practico*. Mc Graw Hill.

Quntanar, T. L. (2009). *Sistemas Expertos y sus Aplicaciones*. Pachuca- Mexico: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

