

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



TESIS DE GRADO

**“SISTEMA INTELIGENTE PARA DETERMINAR EL ESTADO
NUTRICIONAL EN NIÑOS MENORES A 5 AÑOS”**

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

POSTULANTE: PAULA AVILA PARI

TUTOR METODOLÓGICO: M.SC. ALDO RAMIRO VALDEZ ALVARADO

ASESOR: M.SC. FRANZ CUEVAS QUIROZ

LA PAZ – BOLIVIA

2013



**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 Dios por protegerme durante todo mi camino y permitirme el haber llegado hasta este momento importante de mi formación profesional, quien me brindo la fuerza necesaria para seguir adelante y así alcanzar ahora una más de mis metas en la vida.

A mis padres Honorato Avila y RosaliaPari por su cariño, apoyo, comprensión, consejos para ser cada día una mejor persona. Apoyándome en los momentos difíciles depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad, y por los sacrificios que hicieron para brindarme lo necesario enseñándome a valorar y cuidar las cosas importantes en la vida. A mi hermano Alan por estar siempre presente y apoyarme.

A mis amigos por su amistad sincera, con los cuales aprendí que “la felicidad es una mercancía maravillosa que cuanto más se da más se tiene” Paulo Coelho.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por darme la vida, quien me acompaña en cada paso que doy, permitiéndome haber llegado hasta este momento de mi vida, en el cual cumplo una más de mis metas.

A mi docente Tutor Metodológico M.Sc. Aldo Ramiro Valdez Alvarado por su colaboración y voluntad brindando aportes, sugerencias, observaciones y el tiempo necesario para la conclusión de esta investigación, así mismo agradecerle por brindarme su conocimiento el cual apoyo a la estructuración del presente trabajo.

A mi Asesor M.Sc. Franz Cuevas Quiroz por el asesoramiento, el tiempo para las revisiones de la investigación, paciencia, recomendaciones y sus consejos brindados en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Agradecer a todos los docentes de la Carrera de Informática quienes plasmaron su conocimiento y experiencia durante el proceso de mi formación profesional.

También quisiera agradecer a mi familia y amigos que me acompañaron en el transcurso de esta etapa de mi vida.

RESUMEN

Con el transcurso del tiempo hasta la actualidad el campo de la Inteligencia Artificial ha realizado avances significativos, siendo una de las áreas de estudio los Sistemas Inteligentes, los cuales muestran un comportamiento inteligente manifestando aspectos y conductas similares a la inteligencia humana para la resolución de problemas, basándose en un dominio en específico permitiendo de esta manera abarcar conocimientos para alcanzar su objetivo.

Por lo tanto el presente trabajo de investigación realiza un estudio sobre el desarrollo de un Sistema Inteligente que tiene como meta determinar el estado nutricional en niños menores a cinco años de edad. De forma que sea capaz de preservar y generar conocimiento dentro del área de nutrición, debido a que el estado nutricional es un indicador importante de salud, se utiliza como base los métodos antropométricos para su evaluación, permitiendo de tal forma realizar un continuo control nutricional del niño(a), puesto que la nutrición en la etapa de crecimiento es esencial para que el niño pueda conseguir un nivel óptimo de salud.

Para el desarrollo del Sistema Inteligente se emplea la metodología Prometheus la cual está orientada a agentes, haciendo uso de su herramienta Prometheus Design Tools para su modelado, análisis y diseño del mismo. Con ayuda de los agentes inteligentes se realiza percepciones y acciones que permitan al Sistema Inteligente adquirir conocimiento y acumular experiencias. Para tal efecto se utiliza una de las técnicas de la Inteligencia Artificial como la lógica difusa permitiendo manejar información con un grado de incertidumbre como leve, moderado, excesivo, ayudando de esta manera representar el conocimiento para luego inferir un resultado sobre el estado nutricional en un niño o niña. Luego se realiza una prueba de hipótesis, haciendo un análisis de confiabilidad para constatar que la combinación de las técnicas y metodologías usadas, brindan resultados confiables.

Palabras Claves: Sistema Inteligente, agentes inteligentes, lógica difusa, nutrición, estado nutricional en niños, metodología Prometheus.

ABSTRACT

With the passage of time to the present the field of Artificial Intelligence has made significant progress, one of the study areas Intelligent Systems, which show intelligent behavior manifesting aspects and similar behaviors to human intelligence for problem solving based on a domain specific cover thus allowing knowledge to achieve your goal.

Therefore this research carries out a study on the development of an intelligent system that aims to determine the nutritional status of children less than five years of age. So as to be able to preserve and generate knowledge in the area of nutrition, because the nutritional status is an important health indicator, is used as the basis for evaluation anthropometric methods allowing such nutritional perform continuous control child, since the nutrition in the growth stage is essential for the child to achieve optimal health.

For the development of the Intelligent System Prometheus methodology which is oriented agents, using their tool Prometheus Desing Tools for modeling, analysis and design of it is employed. Using intelligent agents perceptions and actions to enable the intelligent system to acquire knowledge and gain experience is done. To this end one of the artificial intelligence techniques such as fuzzy logic is used to handle information allowing a degree of uncertainty as mild, moderate, excessive, thus helping to represent knowledge then infer an outcome on nutritional status in child. A hypothesis test is then performed, with analysis of reliability for finding that the combination of the techniques and methodologies used provide reliable results.

Keywords: Intelligent System, intelligent agent, fuzzy logic, nutrition, nutritional status of children, Prometheus methodology.

ÍNDICE

	Pág.
CAPITULO I	1
MARCO INTRODUCTORIO	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. ANTECEDENTES	2
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	7
1.5. HIPÓTESIS	8
1.5.1. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	8
1.5.2. OPERACIONES VARIABLES	8
1.6. JUSTIFICACIÓN	8
1.6.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	8
1.6.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	9
1.6.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA	9
1.7. ALCANCES Y LIMITES	10
1.7.1. ALCANCE	10
1.7.2. LIMITES	10
1.8. APORTES	11
1.8.1. PRACTICO.....	11
1.8.2. TEÓRICO	11
1.9. METODOLOGÍA.....	12
CAPITULO II	13
MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	13
2.2. SISTEMA INTELIGENTE	16
2.2.1 DEFINICIÓN DE SISTEMA INTELIGENTE	17
2.2.2 SISTEMA INTELIGENTE VS. SISTEMA CONVENCIONAL	19
2.2.3 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA INTELIGENTE	21
2.3 REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO	24

2.3.1 BASE DE CONOCIMIENTO	27
2.3.2. MOTOR DE INFERENCIA.....	28
2.3.3 MECANISMO DE APRENDIZAJE	29
2.4. AGENTES INTELIGENTES	29
2.4.1. TIPOS DE AGENTES	32
2.4.2. ESTRUCTURA DE AGENTES.....	32
2.5. METODOLOGÍAS PARA DESARROLLAR SISTEMAS INTELIGENTES	33
2.5.1. PROMETHEUS	34
2.5.2. FASES DE LA METODOLOGÍA	34
2.6. LÓGICA DIFUSA	39
2.6.1. CONJUNTOS DIFUSOS	40
2.6.2. VARIABLES LINGÜÍSTICAS	41
2.6.3. FUNCIÓN DE PERTENENCIA	42
2.6.4. INFERENCIA DIFUSA.....	43
2.6.5. CONTROL DIFUSO.....	45
2.7. NUTRICIÓN Y SALUD.....	45
2.7.1. NUTRICIÓN EN LA INFANCIA.....	46
2.7.2. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.....	47
2.7.3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL	49
CAPITULO III.....	50
MARCO APLICATIVO	50
3.1. PROCESO DE INVESTIGACIÓN	50
3.2. ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA	50
3.2.1. ESPECIFICACIÓN DE OBJETIVOS.....	51
3.2.2. FUNCIONALIDADES	52
3.2.3. IDENTIFICACIÓN ESCENARIOS.....	54
3.3. DISEÑO ARQUITECTÓNICO	57
3.3.1. DIAGRAMA DE ACOPLAMIENTO DE DATOS	58
3.3.2. DIAGRAMA AGENTE - ROL.....	58
3.3.3 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN	61
3.3.4. DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA	62
3.4. DISEÑO DETALLADO	63
3.4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS AGENTES	63
3.4.2. DESCRIPTORES DE CAPACIDAD.....	64
3.4.3. ACCIONES DEL AGENTE	65

3.5. DESCRIPCIÓN DEL CONOCIMIENTO.....	66
3.5.1. VARIABLES DE LA BASE DE CONOCIMIENTO	67
3.5.2. REPRESENTACIÓN DE CONJUNTOS DIFUSOS - FUZZIFICACIÓN.....	69
3.5.3. DESARROLLO DE REGLAS ACTUACIÓN	74
3.6. MODELADO DEL PROTOTIPO.....	77
3.7. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO	78
CAPITULO IV.....	83
PRUEBA DE HIPÓTESIS	83
4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS	83
4.1.1. CONTRASTE DE RACHAS DE WALD - WOLFOWITZ	83
4.1.2. ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	85
4.1.3. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD.....	89
CAPITULO V	90
5.1. CONCLUSIONES	90
5.2. RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	94

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pag.
FIGURA 2. 1.	ESQUEMA DE UN SISTEMA INTELIGENTE	18
FIGURA 2. 2.	TRANSFORMACIÓN DE UN SISTEMA CLÁSICO A UN SISTEMA INTELIGENTE.....	21
FIGURA 2. 3.	ESTRUCTURA DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INTELIGENTE	22
FIGURA 2. 4.	REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO DE UN SISTEMA INTELIGENTE	26
FIGURA 2. 5.	ESTRUCTURA GENERAL DE UN AGENTE INTELIGENTE.....	31
FIGURA 2. 6.	METODOLOGÍA DE DISEÑO DE PROMETHEUS.....	38
FIGURA 2. 7.	COMPONENTES DE PDT	39
FIGURA 2. 8.	CONJUNTOS DIFUSOS	41
FIGURA 2. 9.	FUNCIÓN TRAPEZOIDAL	42
FIGURA 2. 10.	FUNCIÓN TRIANGULAR	43
FIGURA 3. 1.	DIAGRAMA DE OBJETIVOS.....	51
FIGURA 3. 2.	DIAGRAMA DE ROLES	52
FIGURA 3. 3.	DIAGRAMA DE ESCENARIOS	54
FIGURA 3. 4.	DIAGRAMA DE ACOPLAMIENTO DE DATOS	58
FIGURA 3. 5.	DIAGRAMA AGENTE – ROL	59
FIGURA 3. 6.	DIAGRAMA DE INTERACCIÓN CONSULTA NUTRICIONAL	62
FIGURA 3. 7.	DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA.....	62
FIGURA 3. 8.	DIAGRAMA AGENTE RECEPTOR	63
FIGURA 3. 9.	DIAGRAMA AGENTE NUTRICIONISTA.....	64
FIGURA 3. 10.	DESCRIPCIÓN DEL CONOCIMIENTO	66
FIGURA 3. 11.	REPRESENTACIÓN DIFUSA DE IMC.....	70
FIGURA 3. 12.	REPRESENTACIÓN DIFUSA DEL ESTADO ANÍMICO	71
FIGURA 3. 13.	REPRESENTACIÓN DIFUSA DEL IGA	72
FIGURA 3. 14.	REPRESENTACIÓN DIFUSA DEL NIVEL DE ACTIVIDAD.....	73
FIGURA 3. 15.	REPRESENTACIÓN DIFUSA PERCENTILES	74
FIGURA 3. 16.	MODELADO DEL SIDEN	77
FIGURA 3. 17.	INGRESO AL SIDEN	78
FIGURA 3. 18.	REGISTRO DE DATOS DEL NIÑO(A).....	79
FIGURA 3. 19.	PANTALLA PRINCIPAL DEL SIDEN.....	79
FIGURA 3. 20.	OBTENCIÓN DE DATOS ANTROPOMÉTRICOS.....	80
FIGURA 3. 21.	SELECCIÓN DE SÍNTOMAS.....	80
FIGURA 3. 22.	SELECCIÓN DE INGESTA DE GRUPOS ALIMENTICIOS.....	81
FIGURA 3. 22.	RECOMIENDA LA ALIMENTACIÓN QUE DEBE SEGUIR	81
FIGURA 3. 24.	ESTADO NUTRICIONAL DEL NIÑO(A) CASO 1	82
FIGURA 3. 25.	ESTADO NUTRICIONAL DEL NIÑO(A) CASO 2.....	82

LISTA DE TABLAS

Figura	Descripción	Pag.
TABLA 2. 1.	CATEGORÍAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	15
TABLA 2. 2.	DIFERENCIA ENTRE UN SISTEMA INTELIGENTE Y UN SISTEMA CONVENCIONAL.	20
TABLA 3. 1.	DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE ROLES	53
TABLA 3. 2.	DESCRIPCIÓN DEL ACCESO AL SISTEMA.....	55
TABLA 3. 3.	DESCRIPCIÓN DEL ACCESO AL SISTEMA.....	56
TABLA 3. 4.	DESCRIPCIÓN DE CONSULTA NUTRICIONAL	56
TABLA 3. 5.	DESCRIPCIÓN DE LA EVALUACIÓN NUTRICIONAL DEL NIÑO(A).....	57
TABLA 3. 6.	ROLES DE AGENTES DEL SI.....	59
TABLA 3. 7.	DESCRIPTOR DE LOS AGENTES INTELIGENTES EN BASE A (PROMETHEUS, 2012).	61
TABLA 3. 8.	PROCESO DEL SISTEMA INTELIGENTE BASADO EN (NORVIG, 2004).....	61
TABLA 3. 9.	DESCRIPTORES DE CAPACIDAD.....	65
TABLA 3. 10.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	68
TABLA 3. 11	FUNCIÓN DE PERTENENCIA PARA LA VARIABLE IMC	70
TABLA 3. 12	FUNCIÓN DE PERTENENCIA PARA LA VARIABLE EA.....	71
TABLA 3. 13.	FUNCIÓN DE PERTENENCIA PARA LA VARIABLE IGA	72
TABLA 3. 14	FUNCIÓN DE PERTENENCIA PARA LA VARIABLE NA	73
TABLA 3. 15	FUNCIÓN DE PERTENENCIA DE LOS PERCENTILES	74
TABLA 4. 1.	RESULTADOS DEL NUTRCIONISTA Y SIDEN.....	87

CAPITULO I

MARCO INTRODUCTORIO

1.1. INTRODUCCIÓN

A partir de la aparición de las computadoras hasta la actualidad, se han estudiado las maneras de dar ciertas capacidades de decisión, incluso un cierto grado de inteligencia. En los últimos tiempos la Inteligencia Artificial juega un papel importante para el bien de nuestra sociedad. Siendo capaz suministrar metodologías que permitan entender, comprender, aprender relaciones entre hechos, resolver un problema mediante una adaptación de un problema previo. Realizando un estudio de ideas las cuales permiten al computador efectuar acciones que hacen al ser humano inteligente, tratando de expresarlo en formas de lenguaje o reglas simbólicas.

Una de las áreas de estudio dentro de la Inteligencia Artificial han sido los Sistemas Inteligentes (SI) los cuales poseen habilidades parecidas al ser humano para resolver problemas dentro de un dominio específico, tiene capacidad para adaptarse, aprender en un ambiente cambiante y explicar cómo se toman las decisiones o acciones. (Buitrago, 2010)

El término “Sistemas Inteligentes” se utiliza para describir sistemas y métodos que simulan aspectos de comportamiento inteligente. Un SI aprende durante su existencia y actúa continuamente de forma interna o externa de manera que alcanza su objetivo cada vez de una forma mejor, permitiendo recibir información de su entorno y así generar conocimiento para un caso de estudio, en el presente trabajo para lograr determinar el estado nutricional en niños.

La alimentación siempre ha sido un tema de especial interés para la salud, ya que una nutrición correcta en el niño no solo va a propiciar un estado de bienestar y de energía, sino

que va a sentar las bases de una larga supervivencia y de una buena calidad en las sucesivas edades del niño, lo que permitirá la prevención de enfermedades que podrían manifestarse en la edad adulta.

La evaluación nutricional es el balance de ingesta, absorción y utilización de los distintos nutrientes. Es uno de los mejores indicadores de salud tanto individual como poblacional, para identificar la posible ocurrencia, naturaleza y extensión de las alteraciones del estado nutricional especialmente en niños en los que el crecimiento y la maduración están en gran parte condicionados por la nutrición.

El estado nutricional depende del grado con que se satisfagan las necesidades fisiológicas del organismo. Así como, un estado de déficit nutricional. La primera se refiere a una falta de alimentación inadecuada mientras que la segunda se da como resultado de una infección, un trauma, una enfermedad crónica o una pérdida excesiva de nutrientes.

1.2. ANTECEDENTES

La nutrición es un tema de vital importancia para la población mundial, debido a que el estado nutricional de los niños está vinculado al desarrollo cognitivo, debido a que un estado nutricional deficiente tiene efectos adversos sobre el proceso de aprendizaje y el rendimiento escolar. Así mismo, está asociado directamente a la capacidad de respuesta frente a las enfermedades, un inadecuado estado nutricional incrementa tanto la morbilidad como la mortalidad en la temprana infancia.

Los efectos de un mal estado nutricional en los primeros años se prolongan a lo largo de la vida, ya que incrementa el riesgo de padecer enfermedades crónicas como el sobrepeso, la obesidad, la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, entre otras y está asociado a menores logros educativos y menores ingresos económicos en la adultez.

Por estas razones, actualmente el estado nutricional de los niños es empleado en el ámbito internacional como parte de los indicadores con los cuales se verifica el desarrollo de los

países. Por ello, la mejora del estado nutricional infantil forma parte de los objetivos para el desarrollo del milenio junto con otros indicadores de desarrollo social y económico.

En Bolivia el 63% de personas tiene mala alimentación, los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) indican que en Bolivia la prevalencia de estos males ha aumentado como consecuencia de los malos hábitos alimenticios. En Santa Cruz se presenta los índices más altos de diabetes con 300.000 personas representado un 15%, y unos 400.000 niños sufren de diabetes en Bolivia, según datos de 2012 del Ministerio de Salud.

Según una reciente encuesta realizada en cuatro ciudades del país por encargo de Nestlé, el 63% de las 800 personas encuestadas cree que no se alimenta bien, un 30% considera que tiene una buena nutrición y solo un 7% admite que come alimentos saludables. (Escobar, 2013)

Las Encuestas Demográficas y de Salud Familiar (ENDSA) brinda información sobre el estado nutricional de los menores de cinco años, a través de tres indicadores nutricionales de uso internacional: la desnutrición crónica, la desnutrición aguda y la desnutrición global. Estos tres indicadores fueron calculados a partir de la información del peso, talla, edad y sexo de las niñas y niños menores de cinco años, la cual fue recabada en el módulo de antropometría.

En Bolivia, el problema de la desnutrición es crítico. La información de la Encuestas Nacionales de Demografía y Salud (ENDSA 2012), con los nuevos estándares de la OMS, muestra que el 27% de niños y niñas menores de cinco años de edad padecen un retraso en el crecimiento, el 14% tiene un peso inferior al normal, y el 3% sufre de desnutrición, según datos de (INEI, 2013). Esta realidad sitúa a Bolivia como uno de los países con mayor desnutrición de América Latina, como consecuencia se generan enfermedades como la anemia nutricional por deficiencia de hierro, lo cual afecta seriamente a niños y niñas menores de cinco años, y aún más a los que viven en el área rural.

Según los resultados del estudio de la línea de base a nivel nacional llevada a cabo en el año 2007, ocho de cada diez niños y niñas menores de dos años tiene algún grado de anemia (81.9%), estos resultados no son muy diferentes de los que presenta la ENDSA, que muestra una prevalencia de 78.2%. Más de la mitad de los hogares de los municipios más vulnerables consume una dieta inapropiada que no cubre las recomendaciones de energía y las necesidades de proteínas. Las ENDSA son realizadas a partir de un muestreo poblacional y sus resultados son significativos para un nivel de agregación departamental.

Los estudios realizados por ENDSA en los departamentos de Beni y Pando observo que la velocidad de la reducción de la desnutrición crónica, en menores de 5 años, ha sido muy lenta. La desnutrición en Bolivia, se constituye en la principal barrera para lograr el desarrollo social y económico esperado en un marco de inclusión, justicia y equidad. Este problema alcanza niveles elevados en municipios con alta vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria y con elevados niveles de pobreza. De igual manera el sobrepeso y la obesidad en niños conllevan a la generación de enfermedades futuras, ya que la acumulación anormal o excesiva de grasa es un factor de riesgo de defunción.

Revisando la bibliografía existente se constató que en la Carrera de Informática de la Universidad Mayor de San Andrés, se han desarrollado investigaciones, en los cuales se encontró algunas tesis de grado que se relacionan de alguna manera con el actual trabajo de investigación, tales como:

- **Modelo de diagnóstico y tratamiento de pancreatitis aguda mediante lógica difusa**, realizado por Marisel Matilde Mendoza Huarahuara, en el año 2011, de la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Informática. Se plantea un modelo de sistema experto el cual se encarga de diagnosticar el tipo de pancreatitis aguda que puede o no presentar un paciente, utilizando lógica difusa. Se toma como variables de entrada los síntomas, la base de conocimiento se representó por reglas de producción formalizado por la lógica de predicados el cual contiene el conocimiento del experto humano.

- **Sistema Inteligente para el diagnóstico de gastritis**, realizado por Gabriela Fernández, en el año 2011, de la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Informática. Se diseñó un modelo de Sistema Inteligente que permita realizar el diagnóstico de gastritis crónica tomando en cuenta síntomas como variables de entrada, una base de conocimiento que luego pasa a inferir para dar un diagnóstico. Se considera como objeto de estudio la gastritis crónica no atrófica. para representar el conocimiento del experto humano se usó las redes bayesianas como herramienta.
- **Sistema Experto para el diagnóstico de anemia y poliglobulia mediante hemograma**, realizado por Silvana Gladis Lima Mendoza, en el año 2007, de la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Informática. Desarrolla un prototipo del sistema experto que proporcione un diagnóstico de anemia y poliglobulia tomando en cuenta el examen hematológico. Por tal razón, en la investigación se usó la ayuda de herramientas de estudios de sangre. Para la representación del conocimiento se usó la lógica difusa.
- **Sistema Inteligente de apoyo al aprendizaje visoespacial y audifonológico para niños de 4 a 7 años con dislexia**, realizado por Maria Isabel Huacani Marca, en el año 2012, de la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Informática. Desarrolla y aplica tutores inteligentes para la enseñanza visoespacial y audifonológico en niños disléxicos que se encuentran en educación inicial, se puso importancia en la interacción con el alumno de forma dinámica y llamativa. utilizando agentes inteligentes para el desarrollo del Sistema Inteligente, se utilizó la metodología Prometheus la cual es orientada a agentes.
- **Sistema Experto para el diagnóstico de desnutrición en niños menores a 5 años**, realizado por Ubner Escobar Merma, en el año 2007, de la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Informática. Se construye un sistema experto para medir el grado de desnutrición, aplicando reglas y

mecanismos de inferencia. la base de conocimiento contiene el conocimiento extraído del experto en el dominio utilizando como variables a un conjunto de síntomas, se formalizo el conocimiento haciendo uso de la lógica proposicional, dando como salida el tipo de desnutrición que presenta el niño y tratamiento que debe seguir.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La desnutrición que presentan los niños provienen generalmente de familias pobres de las zonas rurales y urbanas, este problema puede alcanzar una gran proporción de la población infantil y pre escolar. Otra causa importante, cuando no hay una limitación de recursos en la familia, puede ser el desconocimiento de las bases de una alimentación adecuada y sobre todo de las necesidades particulares de energía y nutrientes que tienen los niños.

La obesidad infantil es un tema de preocupación en nuestra sociedad, debido a que un niño con un nivel elevado de peso tiene más probabilidad de padecer a edades más tempranas enfermedades. El exceso o el déficit del consumo de alimentos que requiere un niño causa una mal nutrición, lo cual es generado por una idea errónea de alimentación sana. Los niños con desnutrición proteica energética tienen menor resistencia a las infecciones y por esta razón se enferman con mayor facilidad. Por otra parte los niños que están frecuentemente enfermos pueden tener una pérdida de apetito, esto limita aún más el consumo de alimentos, que ya estaban reducidos ya sea por una baja disponibilidad de alimentos o por creencias en algunas culturas que prohíben el consumo de algunos alimentos.

Es habitual que los padres en su mayoría solo acuden al nutricionista cuando el niño presenta una dificultad, además en los centros clínicos no se brinda la suficiente información a los padres sobre los hábitos alimenticios que debería adquirir un niño.

1.3.1. PROBLEMA CENTRAL

¿De qué manera se puede ayudar a determinar el estado nutricional en los niños menores a 5 años?

1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS

Los problemas secundarios identificados son los siguientes:

- ✓ El inadecuado conocimiento del estado nutricional relacionado al consumo de nutrientes que debería ingerir un niño, genera un desequilibrio en su desarrollo físico, cognitivo y psicosocial.
- ✓ El descuido en la alimentación de los niños, tiende a generar una incidencia en enfermedades.
- ✓ La generalización del sistema alimenticio infantil, puede ocasionar una malnutrición.
- ✓ El uso métodos bioquímicos para realizar una evaluación nutricional, requiere un costo económico sin lograr determinar de forma precisa el estado nutricional de un niño.
- ✓ La dificultad para realizar consultas nutricionales a especialistas, ocasiona un descuido en el estado nutricional del niño haciendo complicado un seguimiento continuo de niño.

1.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un Sistema Inteligente para determinar el estado nutricional en los niños menores a 5 años.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Construir una base de conocimiento, para describir el estado nutricional de un niño o niña de acuerdo a su edad.
- ✓ Diseñar un prototipo del Sistema Inteligente para ayudar a conseguir una evaluación nutricional adecuada.

- ✓ Ayudar a los padres en cuanto al seguimiento nutricional de sus niños, para así disminuir niveles críticos de obesidad y desnutrición.
- ✓ Determinar el estado nutricional utilizando los métodos antropométricos, dietéticos realizando una formalización del conocimiento con ayuda de la lógica difusa.
- ✓ Desarrollar un interfaz fácil para el usuario, capaz de determinar estado nutricional de forma rápida.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Hi: El uso de Lógica Difusa permite al Sistema Inteligente determinar el estado nutricional en los niños menores a 5 años con un nivel de confiabilidad del 90%.

1.5.2. OPERACIONES VARIABLES

Variable Dependiente: Determinar el Estado Nutricional con una confiabilidad del 90%.

Variable Independiente: El Sistema Inteligente.

Variable Interviniente: La lógica difusa.

1.6. JUSTIFICACIÓN

1.6.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Para determinar el estado nutricional de un niño a menudo se acude al método de evaluación bioquímico, el cual incluyen la medición de nutrientes, metabolitos en la sangre, heces u orina o medición de una variedad de compuestos en sangre y otros tejidos que

tengan relación con el estado nutricional. Estos estudios son costosos, además que existe demora en el tiempo de espera para los resultados.

El desarrollo del Sistema Inteligente tendría un costo nulo ya que se basaría en un software libre, de tal manera los resultados serían inmediatos por tanto el tiempo de espera es casi nulo, se reducirá los gastos para la consulta a los profesionales especializados en el área. Lo cual implicara un ahorro en tiempo y dinero a los padres de los niños.

1.6.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Con el prototipo del Sistema Inteligente brindara ayuda a los nutricionistas que necesitan evaluar el estado nutricional de los niños, así mismo el Sistema Inteligente busca beneficiar a los niños estableciendo hábitos nutricionales consiguiendo mejorar la nutrición en los mismos. Se pretende brindar un apoyo importante a los padres, los cuales podrán ser capaces de usar el Sistema Inteligente para hacer un seguimiento continuo del estado nutricional de sus niños.

Las instituciones como los centros de salud requieren determinar el estado nutricional de un niño, usualmente se hacen uso procesos en los cuales el experto humano establece un diagnóstico para el niño, sin embargo una persona puede llegar a cometer errores, como olvidarse de algún factor determinante para establecer el estado nutricional, es así que los métodos automáticos de apoyo a la determinación del estado nutricional son más fiables que los procesos humanos,

1.6.3. JUSTIFICACIÓN CIENTÍFICA

En el presente trabajo se proporcionara la investigación de los fundamentos teóricos de los Sistemas Inteligentes, lo cual permitirá la aplicación del conocimiento en el campo científico.

Con el avance de las nuevas tecnologías en las distintas ramas de la ciencia, el campo de la Inteligencia Artificial propone varias técnicas para representar una base de conocimiento como ser lógica difusa. Permitiendo al Sistema Inteligente determinar el estado nutricional con una mayor eficiencia y fiabilidad para después apoyar en la toma de decisiones. En el área de salud nutricional en niños contribuirá de una forma más rápida para determinar la nutrición en niños.

1.7. ALCANCES Y LIMITES

1.7.1. ALCANCE

Los alcances que presenta el presente trabajo son los siguientes:

- ✓ Se desarrollara el Sistema Inteligente para determinar el estado nutricional de niños, dado que existe diferentes etapas en los niños en los cuales necesitan nutrientes específicos de acuerdo a su edad. Se tomara en cuenta a los niños menores a 5 años en un intervalo de 1 a 5 años.
- ✓ El Sistema Inteligente ofrecerá la determinación del estado nutricional de manera rápida, después de haber introducido los datos necesarios para la evaluación.
- ✓ El presente trabajo tratara de abarcar un estudio en los niños de las áreas urbanas con los factores de influencia económica, social.
- ✓ Se pretende proporcionar un conocimiento de nutrientes necesarios que deben ingerir los niños para un buen desarrollo cognitivo y físico del niño.
- ✓ Se realizara la determinación del estado nutricional en un niño basándose en métodos de evaluación nutricionales utilizados por especialistas.
- ✓ El prototipo servirá de apoyo para generar un control nutricional.

1.7.2. LIMITES

- ✓ El estudio de la nutrición en niños, adolescentes, adultos, personas de mayor edad es muy tema muy amplio, por esta razón se solo se estudiara la nutrición en niños menores a 5 años.
- ✓ El Sistema Inteligente no podrá dar apoyo a niños que presenten enfermedades crónicas.
- ✓ El Sistema Inteligente no dará apoyo a niños mayores a 5 años de edad.
- ✓ La lógica difusa ayudara a generar valores de una variable lingüística para el análisis del estado nutricional y no así la construcción de un sistema difuso.

1.8. APORTES

1.8.1. PRACTICO

- ✓ Se desarrollara el prototipo del Sistema Inteligente, el cual preservara el conocimiento adquirido en nutrición, por lo que se pretende realizar un modelo de estado nutricional en niños, y de esta manera contribuir al desarrollo tecnologico del país aportando una herramienta para determinar el estado nutricional en niños menores a 5 años.
- ✓ Se beneficiara a la población ayudando a determinar el estado nutricional de un niño, así como los nutrientes que necesita el mismo para un desarrollo adecuado, y de esta manera evitar problemas futuros que puedan conllevar una mala alimentación.
- ✓ El Sistema Inteligente apoyara en la toma de decisiones, luego de la investigación del mismo se dará paso a nuevas investigaciones.

1.8.2. TEÓRICO

- ✓ Se realizara una investigación sobre el campo de Sistemas Inteligentes, así mismo, la metodología Prometheus para su desarrollo.

- ✓ La construcción de la base de conocimiento, representando con lógica difusa.

1.9. METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente trabajo se empleara el método científico que sirve como guía para el proceso de la investigación. El cual presenta una secuencia de etapas a seguir, se caracteriza por los siguientes pasos: (Santaella, 2002)

Observación: La Observación consiste en examinar atentamente los hechos y fenómenos que tienen lugar en la naturaleza y que pueden ser percibidos por los sentidos. La observación debe ser cuidadosa, exhaustiva y exacta.

Identificación del problema: Después de las observaciones se plantea el cómo y el porqué del fenómeno observado, para la identificación del problema que se va a estudiar.

Hipótesis: Formular una hipótesis consiste en elaborar una explicación provisional de los hechos observados y de sus posibles causas. Es decir es la solución preliminar al problema planteado, la hipótesis es una declaración que puede ser falsa o verdadera.

Experimentación: Una vez formulada la hipótesis, se debe comprobar si es cierta. Para ello realizará pruebas modificando las variables que intervienen en el proceso y comprobará si se cumple su hipótesis. Se entiende por variable a todo aquello que puede causar cambios en los resultados de un experimento y de esta manera modificar las circunstancias que se consideren convenientes.

Resultados: Los resultados recogidos, se resumen en promedios, variaciones, tablas, gráficos que nos permitan visualizar los datos conjuntamente y analizarlos con detenimiento. El análisis de los datos experimentales permite comprobar si la hipótesis era correcta y dar una explicación científica al hecho o fenómeno observado.

Para el desarrollo del Sistema Inteligente se hará uso de la Metodología Prometheus que consta principalmente de tres fases:

- ✓ **Fase de especificación del sistema:** se centra en la identificación de las funcionalidades básicas del sistema.
- ✓ **Fase arquitectura de diseño:** utiliza las salidas de la fase anterior para especificar los agentes del sistema y determinar su interacción.
- ✓ **Fase de diseño detallado:** se ve la parte interna de cada agente y la forma en que llevara a cabo sus tareas dentro del sistema.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial es una rama de la ciencia de la computación encargada del estudio y desarrollo de elementos que traten de replicar el comportamiento inteligente del ser humano en las computadoras. Es una de las áreas más fascinantes y con más retos, impulsado principalmente por la creación de máquinas que sean capaces de automatizar tareas que requieren un comportamiento inteligente. Además es interpretado como una ciencia de lo artificial y como un conjunto de tecnologías computacionales que buscan representar el razonamiento del individuo en máquinas artificiales.

El término de inteligencia artificial (IA) proviene de los años 50 a mediados del siglo XX, se debe a un grupo de científicos que estudiaron el cerebro humano como modelo natural, integrando la cibernética y las computadoras (John McCarthy, Marvin Minsky, Allen Newell, Herbert Simon).(Martinsanz & Matilde , 2009)

Marvin Minsky¹ define, “la Inteligencia Artificial es el estudio de como programar computadoras que posean la facultad de hacer aquello que la mente humana puede

¹ Es un científico cognitivo en el campo de la Inteligencia Artificial, co-fundador del Instituto Tecnológico de Massachusetts.

realizar”, “Es una ciencia orientado al diseño y construcción de máquinas que implementen tareas propias de humanos dotados de inteligencia”.

El propósito de la Inteligencia Artificial es buscar imitar la inteligencia humana tales como el aprendizaje, adaptación, razonamiento, autocorrección. Metas que aún no se han logrado en su totalidad, cabe señalar que abarca el campo de la investigación científica el cual intenta acercarse a la creación de sistemas que piensen y actúen racionalmente como humanos.

Es así que existen cuatro enfoques de la IA los cuales fueron clasificados de acuerdo a las definiciones de Inteligencia Artificial.(Norvig, 2004)

Sistemas que piensan como humanos: se refiere a un modelo cognitivo.

- Haugeland - 1985 “el nuevo y excitante esfuerzo de hacer pensar a la computadora”.
- Bellman - 1978, Villareal Goulat - 2001 “la automatización de las actividades que vinculamos con el pensamiento humano, actividades como la toma de decisiones, la solución de problemas y el aprendizaje”.

Sistemas que piensan racionalmente: los cuales tratan de representar el razonamiento formal y lógico por ejemplo, el test de Turing².

- Charniak y MacDermott – 1985 “estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales”.
- Winston – 1992 “el estudio de la computación para hacer posible el percibir, razonar y actuar”.

Sistemas que actúan como humanos: se caracterizan por su aproximación empírica.

²El Test de Turing, un método para determinar si una máquina puede pensar, se basa en el juego de imitación.

- Para Kurzweil – 1990 “el arte de crear maquinas con capacidad de realizar funciones que requieran una cierta inteligencia cuando estas tareas son desempeñadas por personas”.
- Rich y Knight – 1991 “el estudio para hacer a las computadoras realizar tareas, en las que por el momento los humanos son mejores”.

Sistemas que actúan racionalmente: se resaltan por su aproximación más racional empleando por ejemplo, Agentes Inteligentes.

- Schalkoff - 1990 “un campo de estudio que busca explicar y emular el comportamiento inteligente en términos de procesos computacionales”.
- Luger y Stubblefield – 1993 “la rama de la ciencia de la computación que se encarga de la automatización del comportamiento inteligente”.

	Humanidad	Racionalidad
Razonamiento	Sistemas que piensan como humanos: Enfoque cognoscitivo	Sistemas que piensan racionalmente: Enfoque lógico
Comportamiento	Sistemas que actúan como humanos: Enfoque “prueba de Turing”	Sistemas que actúan racionalmente: Enfoque de agentes racionales

Tabla 2. 1. Categorías de la Inteligencia Artificial

Fuente:[GSI UPM , 2012]

Por tanto los objetivos van dependiendo del punto de vista o utilidad que pueda encontrarse a la Inteligencia Artificial. Todas las definiciones mencionadas por los investigadores en el área son válidas y cada una tiene amplio campo de estudio.

En la actualidad abarca temáticas como ser: resolución de problemas y búsqueda, representación del conocimiento y sistemas basados en el conocimiento, aprendizaje

automático. Además de los temas mencionados, existen otros que están fuertemente relacionados como: el lenguaje natural, la visión artificial, la robótica, el reconocimiento del habla. El campo de la IA avanza mucho, gracias a la cual se han desarrollado soluciones tecnológicas avanzadas como los asistentes virtuales, o incluso máquinas con sentido común³ capaces de concebir creaciones como lo haría un cerebro humano.

Las distintas ramas asociadas a la IA están representadas por el estudio de los sistemas difusos, las redes neuronales, la computación evolutiva, los métodos bayesianos y probabilísticos, los algoritmos genéticos, programación genética, teoría del caos, etc. Tienen un desarrollo y una fundamentación independiente cada una de ellas contribuye con una metodología para tratar problemas en su dominio de aplicación.

2.2. SISTEMA INTELIGENTE

Se comenzará por definir Inteligencia como la habilidad de aprender o entender de experiencias, de adquirir y retener conocimientos, tomar decisiones y realizar acciones de control. Permite de esta manera tener la capacidad de alcanzar objetivos y elegir las mejores opciones para resolver un problema. Teniendo la capacidad de adquirir y aplicar conocimiento, de manera semejante la Inteligencia de un sistema es una propiedad de su mente, denominando al funcionamiento del cerebro "mente" el que es capaz de almacenar grandes cantidades de información.

Hay muchas definiciones de inteligencia. Podría llamarse "inteligente" a la persona que aprende rápidamente o a la que posee una gran cantidad de experiencia. Pero para nuestros propósitos la definición más útil es: una medida, una vara, que indica cuán fácil logra el sistema sus objetivos. Esto implica acumular experiencias. Así el sistema aprendió qué acciones son las que mejor le permitieron alcanzar sus objetivos. (Fritz, 2011)

³Un ejemplo: **Iamus**, un ordenador creado por la Universidad de Málaga que emplea la inteligencia artificial para crear composiciones musicales de una complejidad digna de un genio de la música.

Es la capacidad de un ser inteligente, que le permite aprender a realizar varias funciones dentro de un ambiente cambiante, de manera de sobrevivir y prosperar.(D'Aquila, 2005)

Ahora bien un Sistema, es un conjunto ordenado de elementos cuyas propiedades se interrelacionan e interactúan de forma armónica entre sí. Estos elementos se denominan módulos. A su vez cada módulo puede ser un subsistema, dependiendo si sus propiedades son abiertas o cerradas.Un sistema es una parte del universo con una limitada extensión en cuanto al espacio y tiempo. Existen correlaciones más fuertes entre una parte del sistema y otra que entre esta parte del sistema y partes fuera del sistema.(Fritz, 2011)

Entre los problemas abordados en este campo, está el de descubrir conocimientos a partir de una información. Siendo un comportamiento inteligente capaz de recopilar información y a partir de ella determinar la tarea que llevara a cabo.Los SI estudian dos paradigmas los cuales son campos de estudio dentro del mismo, cabe señalar que los sistemas expertos son un subconjunto de los sistemas basados en conocimiento.

Los Sistemas Inteligentes forman parte del campo de la Informática en el que se estudian y desarrollan métodos que implementen algún comportamiento inteligente y su aplicación a la resolución de problemas prácticos.

2.2.1 DEFINICIÓN DE SISTEMA INTELIGENTE

Un Sistema Inteligente (SI) es un sistema que muestra un comportamiento inteligente o interactúa de forma inteligente con su entorno manifestando conductas similares a la inteligencia humana. Siendo capaz de decidir por sí misma que acciones llevará a cabo para alcanzar sus metas basándose en sus percepciones, conocimientos y experiencias acumuladas.



Figura 2. 1. Esquema de un Sistema Inteligente

Fuente: [GSI UPM , 2012]

Se caracteriza por tener su propio objetivo principal para alcanzarlo elige una acción basada en sus experiencias, acciones de control que actúan de forma interna o autónoma. Puede aprender generalizando las experiencias que ha guardado en su memoria y durante su existencia dentro de un entorno. Por cada situación que se presenta, realiza una acción que le permite lograr sus objetivos en un dominio en específico. (Sistemas Inteligentes y Sociedades, 2013)

Tiene la habilidad de actuar apropiadamente en un entorno con incertidumbre, donde una acción adecuada es la que aumenta la probabilidad del éxito para alcanzar el objetivo del sistema. Un SI debe adaptarse a cambios por lo que el aprendizaje es esencial. Debe mostrar autonomía para tratar con los cambios. Siendo capaz de actuar apropiadamente en un entorno de incertidumbre.

Un Sistema Inteligente actúa de forma autónoma en un entorno siendo capaz de integrar tres comportamientos básicos: aprendizaje, planificación y ejecución. El mismo debe ser capaz de aprender el comportamiento de su ambiente y estructura.

Considerando lo anterior elSI debe tener necesidades y requerimientos que pueden ser satisfechos por sus propias acciones. Los Sistemas Inteligentes se caracterizan por tener las siguientes capacidades:

- **Aprender**, para adquirir nuevos conocimientos, a partir de sus experiencias, se refiere al aprendizaje a través de ensayos y observaciones.
- **Razonar**, debe tener algún tipo de razonamiento, basado en hechos conocidos para obtener conclusiones y de ahí, tomar sus propias decisiones.
- **Desarrollar su autoconciencia**, a través del razonamiento y el aprendizaje mediante la interacción con su entorno.
- **Interactuar**, con otros Sistemas Inteligentes, mediante la comunicación y el entendimiento.

2.2.2 SISTEMA INTELIGENTE VS. SISTEMA CONVENCIONAL

La estructura de los Sistemas Inteligentes es diferente en comparación a los sistemas tradicionales, en la (Tabla 2.2.) muestra algunas de las diferencias más importantes que podemos identificar entre ambos sistemas.

SISTEMAS INTELIGENTES	SISTEMA CONVENCIONAL
Su estructura de funcionamiento es independiente de la base de conocimiento.	Se integra la funcionalidad y la información.
Suelen incluir estructuras de explicación de las conclusiones.	No existen estructuras de explicación.
Algunos problemas son resueltos utilizando conocimiento heurístico. Puede presentar errores.	Los problemas son resueltos por algoritmos específicos. No presenta errores.
Métodos declarativos y no determinísticos.	Métodos procedimentales y determinísticos.

Intentan seguir líneas de razonamiento similares a las del ser humano aprendiendo e interactuando con su entorno.	Se centran en la solución y no en la forma en que se obtiene.
Interpretan datos.	Manipulan datos.
Usa heurística y lógica como estrategias de resolución.	Se ejecuta paso a paso mediante procesos predecibles, fiables y exactos.
Puede operar con información incompleta.	Opera con información completa.
Selecciona un lenguaje de representación del conocimiento y lo escribe en dicho lenguaje	Selecciona un lenguaje de programación y escribe el algoritmo.
Usa las consecuencias del conocimiento para resolver el problema.	Ejecuta programa.
Aprende, planifica, representa y usa conocimiento.	Representa y usa datos.
Los cambios son en la base de reglas son más simples.	Los cambios son tediosos.
Información con incertidumbre.	Información sin incertidumbre.

Tabla 2. 2.Diferencia entre un Sistema Inteligente y un Sistema Convencional

Fuente:[Bonillo, Rey, & Pereira, 2011]

Con el transcurso del tiempo la Inteligencia Artificial a avanzado en investigaciones, buscando las formas de simular el comportamiento de un ser vivo en máquinas, por este motivo los sistemas tradicionales han evolucionado coadyuvando al avance de las ciencias. en la (Figura 2.2) se muestra el proceso de evolución de un sistema software.

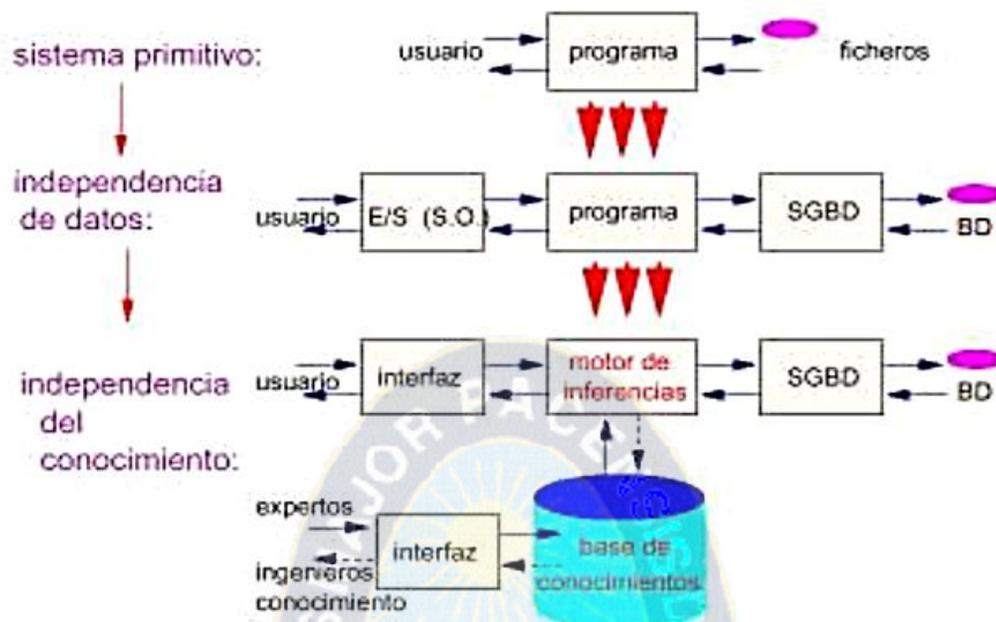


Figura 2. 2. Transformación de un Sistema Clásico a un Sistema Inteligente

Fuente: [GSI UPM , 2012]

2.2.3 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA INTELIGENTE

Desde un punto de vista general un Sistema Inteligente es un programa de computación que reúne características y comportamientos que se asemejan a la inteligencia humana y tratan de emular el comportamiento humano. De manera que la estructura de un SI se puede presentar mediante un diagrama representativo (Figura 2.3).

Denominado cerebro a la funcionalidad sus componentes para realizar una acción adecuada. Siendo el sistema capaz de seleccionar las respuestas que son enviadas desde la memoria, puede actuar sobre su entorno y poseer la habilidad de aprender de sus experiencias.

El proceso de aprendizaje se inicia al nacer y continúa a lo largo de la vida humana, las experiencias adquiridas generan una actividad mental que permite pensar y realizar diferentes acciones. De forma similar se comporta un Sistema Inteligente.

El aprendizaje es probablemente la capacidad más importante de un sistema inteligente. El sistema aprende conceptos a partir de la información recibida de los sentidos. Aprende reglas de actuación a base de su experiencia. El aprendizaje incluye la fijación de conceptos abstractos, a base de ejemplos concretos y la creación de conceptos compuestos que contienen los conceptos de partes de un objeto. El aprendizaje también es la capacidad de detectar relaciones (patrones) entre la parte "situación" y la parte "situación futura" de una regla de actuación.



Figura 2. 3.Estructura del funcionamiento del Sistema Inteligente

Fuente: [Fritz, 2011]

Para describir la estructura de un Sistema Inteligente completo es necesario definir las funcionalidades que están presentes en el mismo.

Reglas de actuación: es el resultado de una experiencia o el resultado de interpretar la propia memoria. Relaciona situación y consecuencias de la acción. Más aún tiene un conocimiento que le permite a un SI responder a un estímulo, y poder actuar de una determinada manera ante una situación. Siendo así el resultado de una experiencia o de la revisión de reglas de actuación ya existentes.

Capacidad sensorial: Un sentido es la parte del sistema que puede recibir comunicaciones del entorno. Se necesitan los sentidos para que el sistema inteligente pueda conocer su entorno y actuar interactivamente.

Conceptualización: Un concepto es el elemento básico del pensamiento. Es el almacenamiento físico, material de información. Todos los conceptos de la memoria están interrelacionados en red. La capacidad de conceptualizar implica el desarrollo de niveles de abstracción.

Como se pudo ver en la (Figura 2.3.) el Sistema Inteligente es básicamente un tipo de sistema de estímulo - respuesta. Siendo el estímulo, la suma de comunicaciones que entran al sistema a través de los sentidos. Permitiendo al cerebro recibir, extraer información de su entorno y la representa como una situación. Luego el SI selecciona una regla de actuación apropiada a la situación y realiza una respuesta de esa regla permitiendo al sistema acercarse más a la situación que es su objetivo. El SI selecciona su regla de actuación entre las que están almacenadas en su memoria. De esta manera va acumulando en memoria reglas de actuación generadas a partir de experiencias anteriores y de generalizaciones basadas en reglas de actuación anteriormente elaboradas. De manera que el SI aprende cómo actuar para poder alcanzar sus objetivos.

Una **situación** se expresa en un sistema como a una serie de conceptos, en algunos sistemas, son la expresión de la información extraída de su entorno a través de los sentidos. Siendo una representación en forma de concepto de una sensación o de una acción elemental. El cerebro recibe la información de los órganos sensoriales y representa cada sensación como un concepto elemental.

Un **objetivo** es una situación que el sistema inteligente quiere lograr. Normalmente hay muchos niveles de objetivos, puede haber un objetivo principal y muchos subobjetivos.

La **memoria** es un almacenaje físico de conceptos y reglas de actuación, archiva los resultados de las acciones realizadas. Incluyendo las experiencias del sistema permitiendo aprender cómo mejorar su rendimiento.

Un sistema inteligente completo funciona si tiene sentidos, un método para escoger respuestas acordes a sus objetivos y memorias, y alguna manera de realizar estas respuestas dentro de su entorno y accionando sobre él. Como es imposible prever cada una de las tantas situaciones diferentes en las que eventualmente se podría encontrar un SI. Es mejor que en su camino por su "vida", aprenda a actuar, basado en sus propias experiencias.

2.3 REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

El ser vivo adquiere conocimiento a través de la experiencia que ha vivido, mediante los sentidos. En cuanto al conocimiento se lo define como un conjunto de datos de primer orden que modelan de forma estructurada la experiencia que se tiene sobre un cierto dominio o que surgen de interpretar los datos básicos. El conocimiento incluye y requiere el uso de datos e información. Además combina relaciones, dependencias, y la noción del saber con los datos e información. Existen diferentes formas de representar el conocimiento como ser:

Conocimiento procedimental, se refiere a la forma de realizar una cierta tarea. Por ejemplo, los pasos necesarios para resolver una ecuación algebraica son expresados como conocimiento procedimental.

Conocimiento declarativo, son hechos sobre objetos o situaciones, es un conocimiento pasivo expresado como sentencias acerca de hechos del entorno. Por ejemplo, la información en una base de datos. Cabe señalar que existen conocimientos que usan inferencia el cual es descrito mediante lógica.

Conocimiento heurístico, usado por los humanos para resolver problemas. Es un criterio, estrategia, método o proceso para resolver problemas.

La representación del conocimiento es la manera de facilitar la inferencia realizando un proceso de transformación del conocimiento a un dominio o lenguaje simbólico para ser procesado en un computador. Para el desarrollo de un SI se requiere de una adecuada representación del conocimiento para que consiga imitar la inteligencia debido a que gran parte de su Inteligencia radica en que son capaces de tratar con conocimiento⁴.

Entonces para representar el conocimiento debe existir una comprensión del lenguaje natural y hacer una representación simbólica generando un lenguaje que pueda ser interpretado. Cuando se empieza a representar el conocimiento se debe considerar los siguientes procesos con el dominio: manipular conocimiento, estructurar el conocimiento, procesar interpretaciones del conocimiento, inferir conocimiento a partir de hechos establecidos (Soler, 2010)

Existen dos nociones generales sobre la representación del conocimiento considerados necesarios para crear SI:

Los **Símbolos**, con su utilización permite desarrollar una actividad inteligente, la representación del conocimiento es explícito, y el mismo puede ser manipulado y examinado. La aproximación **Conexionista**, trata de modelar la inteligencia del cerebro mediante redes neuronales similares a las operaciones básicas de las neuronas del cerebro humano.

Sin embargo se debe tener en cuenta que una representación del conocimiento es siempre incompleta, debido a que existen:

- Modificaciones ya que el medio ambiente es cambiante.
- El conocimiento a representar es amplio entonces se representa de forma parcial.
- La complejidad de la realidad y sus detalles.

⁴ Dos ejemplo grades de sistemas basados en conocimiento fueron: DENDRAL y MYCIN, el primero no contaba con un modelo teórico desde el cual se pudiesen deducir reglas, el segundo obtuvo conocimiento de expertos en área.

Un sistema de representación tiene propiedades que de alguna manera ayudan a interpretar el conocimiento. Como ser, la habilidad de manipular estructuras de representación de tal manera que puedan inferir o generar nuevas estructuras que correspondan a nuevos conocimientos inferidos de los anteriores, incorporando información adicional a la estructura de representación. Siendo capaz de controlar la adquisición de nueva información, y su posterior representación.

Por tanto se puede decir que el conocimiento es generado con la información y la interpretación de datos e información. Requiriendo tener conocimiento sobre:

- los objetos en un entorno y posibles relaciones entre ellos.
- los procesos en los que interviene o que le son útiles.



Figura 2. 4.Representación del conocimiento de un Sistema Inteligente

Fuente:[Garcia, 2011]

Existen metodologías para la representación del conocimiento, las cuales son:

Representación procedural, realiza una representación uniendo el conocimiento y su estructura de control.

Representación relacional, es parecido a la forma de almacenar información de los seres humanos, representa el conocimiento declarativo.

Representación estructural, estructura el conocimiento y posee propiedades de inferenciales: de herencia, transitividad, asociación. Por ejemplo: reglas de producción o Inferencia, los sistemas basados en reglas son los más comúnmente utilizados. Su simplicidad y similitud con el razonamiento humano, han contribuido para su popularidad en diferentes dominios. Las reglas son un importante paradigma de representación del conocimiento.

Representación declarativa, separación entre el conocimiento y la estructura de control lógica. Por ejemplo, la lógica es un lenguaje de representación que nos permite expresar y razonar con sentencias que son verdaderas o falsas.

Un conocimiento estructurado tiene una forma de representación basadas en lógica, facilitando los procesos de razonamiento. Caracterizándose por la separación de conocimiento y razonamiento. Una forma de representación de conocimiento de un Sistema Inteligente se puede apreciar en la siguiente imagen.

2.3.1 BASE DE CONOCIMIENTO

Es la representación de un conjunto de hechos acerca del mundo, usualmente es un almacén de información que se tiene de objetos y sus relaciones dentro de un dominio particular. Está compuesto esquemas y estructuras de representación y organización del conocimiento de una determinada área para resolver problemas.

El conocimiento contenido en la base de conocimiento será generalmente de distintos tipos por lo tanto la formalización para su representación y ejecución serán diversas. Cabe señalar que el término Ingeniería de conocimiento, se lo denomina al conjunto de procesos que se realizan desde la adquisición, representación del conocimiento para llevar a la base de conocimiento, la manipulación y transformación. El módulo de la base conocimiento está compuesto de conocimientos del dominio como ser: conceptos, taxonomías, hechos, heurística, restricciones. La principal fuente de conocimiento está constituida por los especialistas humanos en el dominio de aplicación, textos, manuales y documentos.

El conocimiento generalmente se adquiere en base a entrevistas estructuradas en las que participan el desarrollador o ingeniero de conocimiento y los expertos.

2.3.2. MOTOR DE INFERENCIA

El motor de inferencia es denominado también el módulo de razonamiento, permite obtener nuevo conocimiento a partir del existente dentro de la base de conocimiento, para ello utiliza un proceso de razonamiento haciendo que el sistema razone, produciendo una salida a través de los datos y conocimientos como entrada.

El motor de inferencia examina los hechos, las reglas, y si es posible, añade nuevos hechos. Disidiendo el orden en que se hacen las inferencias. Al momento de inferir se puede deducir, inducir. Según la filosofía existen dos métodos básicos de razonamiento:

- **Deducción**, inferencia desde las causas hacia los efectos, es decir parte de un conjunto de premisas o hipótesis para llegar a una conclusión.
- **Inducción**, Dado un caso particular, podemos generalizarlo para un caso general, es decir dado una conclusión se trata de deducir las premisas que han dado lugar a ella.

De modo que se generan estrategias de inferencia más conocidas como:

- Encadenamiento hacia atrás, inicia a partir de los objetivos dirigiéndose a las condiciones iniciales, realizando un proceso de razonamiento descendente.
- Encadenamiento hacia adelante, inicia a partir de las condiciones iniciales dirigiéndose a los objetivos, realizando un proceso de razonamiento ascendente.

El proceso de razonamiento es una secuencia de procesos que inicia de un conjunto de datos de partida hacia una solución o conclusión, al momento de razonar se emplea un mecanismo de inferencia.

El funcionamiento del proceso de inferencia se encarga de la detección de las reglas aplicables, la elección y aplicación de reglas, interactuando con la base de

conocimiento. Entonces el motor de inferencia se encarga de representar mecanismos de solución realizando procedimientos que identifiquen y resuelvan un problema, además de evaluar las alternativas de solución.

2.3.3 MECANISMO DE APRENDIZAJE

Es el módulo responsable de adquirir nuevo conocimiento y actualizar el existente, alterando a los subsistemas:

Base de conocimientos: Modifica las declaraciones de conocimiento, agrega nuevas, verifica la consistencia entre ellas resolviendo los conflictos.

Máquina de Inferencia: Puede cambiar los mecanismos de inferencia, depurar las heurísticas y métodos de búsqueda, en aras de hacer más eficiente la solución de problemas, aprovechando la experiencia en la solución de problemas semejantes.

Interface Hombre-Máquina: Entre más refinado sea el conocimiento y los mecanismos de inferencia, más eficiente deberá ser la comunicación con el usuario. También sufrirán alteración los argumentos de "explicación". Inclusive, se puede "personalizar" el lenguaje en función al usuario y problema, como fruto de las sesiones previas.

2.4. AGENTES INTELIGENTES

Existen bastantes definiciones dependiendo del contexto o aplicación, para la presente investigación se definirá de la siguiente manera.

Un agente inteligente es una entidad que percibe y actúa sobre un entorno de forma razonada, es capaz de percibir con ayuda de sensores y actuar en su medio utilizando actuadores, adaptándose a cambios permitiéndole alcanzar objetivos diferentes. En cuanto a la percepción de un agente recibe entradas en cualquier momento. La forma de actuar de un agente depende la naturaleza de su medio determinando la función del agente, el cual realiza una acción dado su percepción. Deberá emprender todas aquellas acciones que

favorezcan obtener el máximo de su medida de rendimiento, basándose en evidencias aportadas por la secuencia de percepciones y en todo el conocimiento incorporado en tal agente.(Norvig, 2004)

Un agente inteligente es un componente de software o hardware situado en un determinado entorno, capaz de actuar de forma autónoma y razona en dicho entorno para completar tareas de parte del usuario. (W. Brenner, 1998).

La principal característica de los agentes inteligentes es el conocimiento que estos poseen, ligado a la forma como lo utilizan para alcanzar las metas para la cual fueron diseñados.

Las características que posee un agente inteligente son:

- *Autonomía*, un agente puede operar sin la intervención directa de un humano o alguna especie de control sobre sus acciones y estado interno. Sin embargo existen aplicaciones que no poseen esta característica y solo reacciona a estímulos por parte del usuario.
- *Inteligencia*, habilidad e algunos agentes deben ser capaces de reconocer eventos, determinar su significado y llevar a cabo acciones.
- *Reactividad*, los agentes perciben su entorno y actúan en función de los sucesos producidos en el mismo.
- *Pro actividad*, toma la decisión de actuar antes de que se den los sucesos.
- *Sociabilidad*, este atributo permite al agente comunicarse con el usuario, el sistema y los agentes.
- *Cooperación*, con otros agentes para realizar tareas de mayor complejidad.
- *Movilidad*, la capacidad de una entidad de software para interactuar con otros agentes o migrar de ambiente en caso de acceder a recursos remotos de otro sistema.
- *Racionalidad*, el agente siempre realiza lo correcto a partir de los datos que percibe del entorno.

- *Adaptabilidad*, está relacionado con el aprendizaje que un agente es capaz de realizar y si puede cambiar su comportamiento basándose en ese aprendizaje.
- *Veracidad*, un agente no comunica información falsa a propósito.

El agente formula un problema a partir de la identificación de su objetivo. Luego realiza una búsqueda procediendo a la construcción de una secuencia de acciones para alcanzar sus objetivos, en ambientes deterministas, observables, estáticos y de completo dominio.

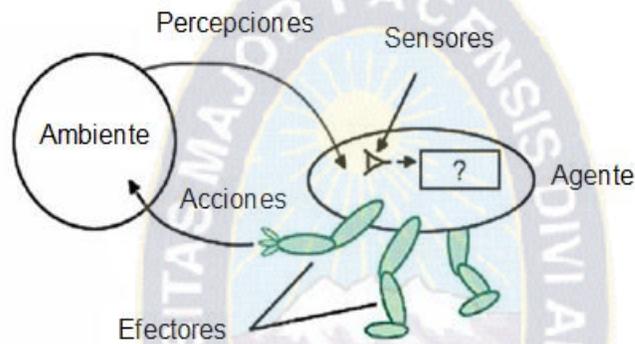


Figura 2. 5.Estructura general de un agente inteligente

Fuente:[Padgham, 2004]

Las funciones principales que realiza un agente inteligente es representar el conocimiento a partir de su entorno, permitiendo razonar para generar nuevo conocimiento a través del conocimiento existente aprendiendo nuevos conocimiento de forma automática a partir de las observaciones que obtiene del entorno. Por tanto un agente inteligente toma decisiones a partir del conocimiento, se interpreta el conocimiento en forma de sentencias mediante un lenguaje de representación del conocimiento, las cuales se almacenan en la base de conocimiento.

El agente basado en conocimiento está conformado de una base de conocimiento y un mecanismo de inferencia, emplea mecanismos de inferencia para inferir sentencias nuevas y las utiliza para saber la acción que debe tomar. Por ejemplo, un médico diagnostica a un paciente, es decir infiere la enfermedad que no es directamente observable antes de

seleccionar un tratamiento, percibiendo los síntomas, luego realiza las acciones como preguntas, pruebas, tratamientos, con el objetivo de sanar.

2.4.1. TIPOS DE AGENTES

Al referirse de agentes inteligentes se hace énfasis en agentes software los cuales se clasifican de la siguiente forma:

Agentes de interfaz, son asistentes personales que colaboran con el usuario en su mismo entorno. El agente observa e interpreta las acciones realizadas por el usuario en la interfaz, aprende de ello, y sugiere mejores caminos para realizar la tarea.

Agentes móviles, programas que pueden moverse de una a otra máquina, requieren un entorno de ejecución de agentes.

Agentes de información o internet, resuelven consultas a usuarios u otros agentes fusionando la información recogida en múltiples fuentes.

Agentes reactivos, carece de un modelo simbólico interno, se basa en estímulo – respuesta. Obteniendo tiempos de respuestas reducidos.

2.4.2. ESTRUCTURA DE AGENTES

Como ya se explicó anteriormente el comportamiento de un agente, ahora bien se debe especificar como trabajan internamente.

Agentes reactivos simples, responden directamente a las percepciones, realizando acciones en base a percepciones que adquiere en el momento, utiliza reglas de condición – acción (si – entonces).

Agentes reactivos basados en modelos, su estado interno se mantiene, utiliza un modelo interno para almacenar información sobre cada estado actual del mundo partiendo de percepciones actuales. Luego selecciona una acción igual al agente reactivo.

Agentes basados en objetivos (proactivo), guarda información de los objetivos que desea alcanzar y el estado del mundo. Siendo capaz de tomar decisiones que ayudaran alcanzar sus metas.

Agentes basados en utilidad, utiliza un modelo del mundo y funciones de utilidad que sirven para distinguir la preferencia de un estado a otro, ya que las metas no son suficientes para generar un comportamiento de calidad debido a que existen metas conflictivas e inciertas.

Por tanto los agentes poseen varios métodos para acciones, todo agente tiene se vuelve más eficaz con la ayuda de mecanismos de aprendizaje. Por lo que se denomina a la implementación de la función de un agente que proyecta las percepciones en las acciones como el programa del agente, el mismo se ejecutara en algún tipo de computador con sensores y actuadores a lo que se conoce como arquitectura. Por tanto un agente es representado mediante la unión de su programa y su arquitectura

La idea de aprendizaje consiste en utilizar las percepciones no solo para actuar, sino también para manejar la habilidad del agente para actuar en el futuro, el aprendizaje entra en juego cuando el agente observa sus interacciones con el mundo y sus procesos de toma de decisiones. (Norvig, 2004)

2.5. METODOLOGÍAS PARA DESARROLLAR SISTEMAS INTELIGENTES

Una metodología tiene que proporcionar todos los elementos necesarios para el desarrollo de un sistema, debe proporcionar directrices precisas de cómo llevar a cabo cada uno de los pasos a realizar y de las acciones a producir.

Existen varias metodologías orientadas a uso de agentes inteligentes los cuales son: Tropos, Mas-CommonKADS, Gaia, Prometheus son consideradas las de más importancia. También existen siguientes metodologías de agentes: Ingenias, Message, Auml, Mase, Roadmap,

Passi, Adelfe. En la presente investigación se usara la metodología Prometheus, ya que se caracteriza por ser completó y detallado.

2.5.1. PROMETHEUS

Prometheus está orientada a ser una metodología práctica y de propósito general para desarrollar sistemas orientados a agentes inteligentes, fue creado por LinPadgham y Michael Winikoff, se caracteriza por ser completa y detallada desde la especificación de requerimientos hasta diseño detallado, además soporta el diseño de agentes basados en metas y planes. Prometheus es diseñado en términos de mensajes entre agentes que forman parte de los protocolos de interacción.

La metodología consta de tres fases de desarrollo, la fase de especificación del sistema, la fase de diseño de la arquitectura y la fase de diseño detallado. La primera fase se enfoca en la identificación de la interfaz del sistema, y determina los objetivos, funcionalidades del sistema; en la segunda fase se utilizan los artefactos de la primera fase para determinar que agentes contendrá el sistema, como interactuarán y que eventos ocurrirán en el entorno. En la tercer fase se analiza a cada agente y como cumplirá sus tareas dentro del sistema.

2.5.2. FASES DE LA METODOLOGÍA

a) Especificación del sistema:

En la especificación del sistema se hace la identificación de actores, escenarios, metas, datos externos y roles, las cuales se desarrollan de forma iterativa debido a que se empieza con una idea aproximada del sistema.

En cuanto a su interpretación se hará por medio de tres actividades:

- Identificación de objetivos.
- funcionalidades del sistema.
- determinar los escenarios que capturarán el uso del sistema.

Esta metodología permite que el desarrollador considere el hecho que los datos nuevos que provengan del entorno sean procesados para obtener hechos que sean eventos significantes para el agente. Los agentes proactivos, se deben determinar los requerimientos a partir de los objetivos, entonces se obtiene los primeros objetivos de la descripción del sistema, al tener un conjunto de objetivos se analiza cómo se pueden llevar a cabo y a partir de allí se obtienen unos sub.-objetivos, claro está que a estos objetivos se les pueden sumar otros más adelante en otras etapas de desarrollo. Los agentes también son reactivos ya que responden a eventos que pueden ser percepciones del ambiente, acciones internas, mensajes de otro agente.

Las funcionalidades del sistema son partes del comportamiento que proveerá el sistema, de este modo las funcionalidades se derivan de los diferentes objetivos y sub-objetivos que han sido identificados previamente, estas funcionalidades son representadas por medio de su nombre y la descripción, en cuanto a los eventos que activan, las metas que llevan a cabo, que acciones realizan, que información y mensajes reciben y envían y que datos son usados y creados. A partir de allí se crean los escenarios respectivos a partir de los pasos necesarios para lograr la consecución de los objetivos o la respuesta a ciertos eventos, estos eventos se basan en un proceso de diseño orientado a objetos pero más estructurados.

Por medio de la creación de los escenarios se pueden identificar nuevos objetivos dentro del sistema, que no habían sido tenidos en cuenta. El núcleo principal de los escenarios son los pasos, que describen un ejemplo particular de la operación del sistema, cada objetivo debe ser representado por lo menos en un escenario, cubriendo todas las funcionalidades del sistema. Finalmente se debe definir el entorno en que se situaran los agentes, describiendo los datos disponibles del sistema, las acciones que se tomarán, así como todo dato externo disponible.

b) Diseño de la Arquitectura

- En esta etapa se cubren tres aspectos que deben ser determinados y descritos:
- Los tipos de agentes del sistema a través de la decisión de funcionalidades.

- La interacción entre los agentes con ayuda de descriptores que describen la funcionalidad y especificación de un agente.
- El diseño de un diagrama general que describa toda la estructura total del sistema.

La tarea más importante es decidir el tipo de agentes del sistema, cada tipo de agente debe ser cohesivo y el acoplamiento entre agentes debe ser bajo. En esta metodología el tipo de agentes está formado por la combinación de una o más funcionalidades y para la representación y acoplamiento entre agentes se utiliza un diagrama de acoplamiento de datos.

Este diagrama permite conocer los grupos de funcionalidades que están relacionadas por el uso de datos, ya sea por su lectura o por su escritura, estos grupos se forman de acuerdo al compartimiento de la información o el grado de relación entre funcionalidades, aunque si las funcionalidades no están relacionadas o se encuentran en plataformas diferentes de hardware no deben ser agrupadas; este diagrama además nos puede ayudar a realizar cambios en las funcionalidades que se tienen hasta el momento.

Para determinar el nivel de acoplamiento de los tipos de agentes se usa un diagrama de conocimiento de agentes, en donde se analiza la densidad de conexiones del diagrama, y cuellos de botella. Finalmente los agentes son documentados, para obtener sus metas, su interfaz, que objetivos debe alcanzar, que funcionalidades fueron combinadas para construirlo y en que protocolos está envuelto. Luego de determinar el tipo de agente se hace uso de descriptores de agentes para documentar.

La interacción entre agentes está basada en el comportamiento dinámico de los mismos, para ello se toman los escenarios creados previamente y se crean los diagramas de interacción correspondientes que se asemejan a los diagramas de secuencia de los objetos, pero acá se muestra la interacción entre los agentes.

A partir de esto se genera un artefacto basado en la interacción de protocolos que especifican que secuencias de interacción son válidas en el sistema, es decir se usan estos

diagramas para capturar todas las posibles secuencias de mensajes, por lo que pueden llegar a ser más grandes que los diagramas de interacción deben ser divididos en pequeños fragmentos.

Al diseñar la estructura total del sistema se usa un diagrama de vista total del sistema, este es el artefacto más importante de la fase de diseño de la arquitectura, ya que ayuda en el entendimiento de la estructura del sistema, al mostrar los agente, el conocimiento, la acciones, los mensajes, y los datos externos como nodos, que representan estas entidades y existen arcos que representan las relaciones, una vez que los protocolos de interacción han sido definidos son agregados al diagrama y se indica que agentes participan en él.

c) Diseño Detallado

En esta etapa se tratan las características del agente más que el sistema como un todo, así se usa un modelo jerárquico para representar las capacidades de los agentes, esta fase consiste en: desarrollar las capacidades internas de los agentes, desarrollar los diagramas de procesos a partir de los protocolos de interacción y desarrollar en detalle las capacidades en términos de eventos, planes y datos.

Como el diseño de cada agente es partir de sus capacidades entonces a partir de los grupos de funcionalidades que se formaron se empiezan a definir las capacidades de los agentes, así la estructura de cada agente o sus capacidades se muestran en un diagrama de vista de agente, en donde se modela la interfaz del agente, representada por las interacciones entre las capacidades de los agentes, los mensajes de entrada y salida, la información o percepción que recibe, las acciones que lleva a cabo, y los datos que son leídos o escritos.

En la última parte de la fase se desarrollan los datos, eventos y planes, para los eventos se identifican la información que posee, para cada plan se identifica si iniciador, es decir que eventos hacen que el plan corra, y las condiciones de contexto del plan, luego se desarrolla el cuerpo del plan, especificando las condiciones en los que debe ser usado cada plan, y la operación por pasos a incluyendo sub objetivos.

En la siguiente figura se muestra los procesos que se realizan en cada una de las fases de la metodología Prometheus.

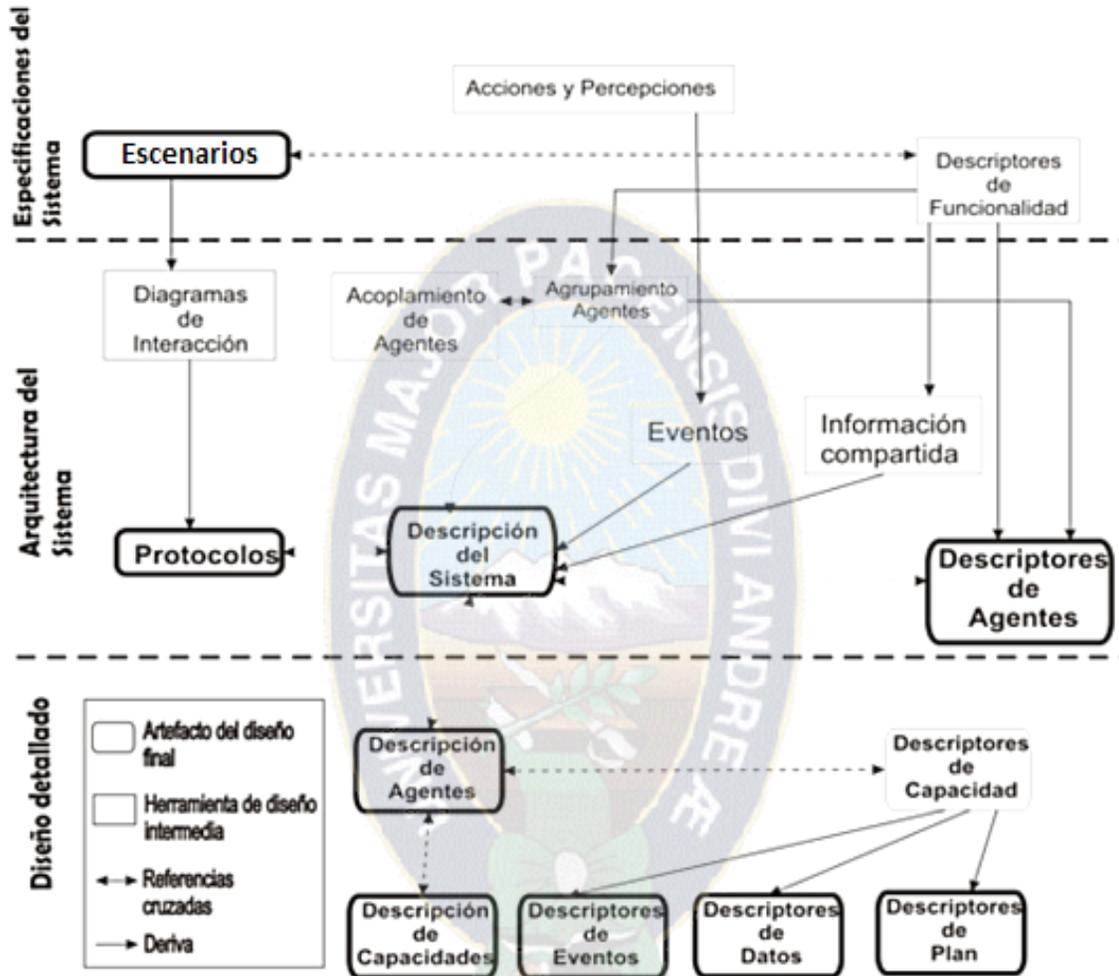


Figura 2. 6. Metodología de diseño de Prometheus

Fuente:[Padgham, 2004]

Prometheus usa una herramienta de soporte, PDT (The PrometheusDesignTool), que facilita la revisión y ayuda a garantizar el nivel de consistencia en varios niveles de detalle, permite editar y modificar los diseños de acuerdo a los términos de la metodología, genera automáticamente reportes que incluyen las descripciones de las entidades de diseño, un diccionario de diseño y los diferentes diagramas, para desarrollar los agentes soporta el

proceso a través de la comparación de las características de los agentes y su interfaz, verificando la consistencia de plan con el contexto, y dando soporte a las vistas de los diferentes diagramas de diseño. Para poder dibujar estos diagramas a partir de la modificación del código y viceversa a la metodología le brinda soporte el ambiente de desarrollo JACK (JDE: JACK DevelopmentEnvironment), por medio de una herramienta de diseño.

La herramienta PDT proporciona una interfaz gráfica para el modelado, antes ser usado se requiere de ciertas especificaciones, cuanta con varias versiones la que se usara en el presente trabajo será PDT 3.9 se debe tener instalado el JDK versiones superiores a 1.6, y eclipse Kepler en el cual se debe incluir el pluginorg.eclipse.gef.

La metodología todavía tiene un soporte limitado para la implementación, las pruebas y la compilación, por lo que requiere un desarrollo del ciclo de vida completo, que incluya estas fases. Esto debido a que centran menos en los requerimientos previos y el análisis de los procesos. Una de las ventajas de la metodología es su practicidad, ya que puede ser usada por estudiantes y trabajadores de la industria, gracias a sus trabajos se logra obtener retroalimentación de la metodología y se ve reflejado en su mejoramiento, pero están trabajando para extender la metodología para soportar más tipos de agentes y sus interacciones.



Figura 2. 7.Componentes de PDT

Fuente: [Prometheus, 2012]

2.6. LÓGICA DIFUSA

El término "difuso" procede de la palabra inglesa "fuzz". Este término inglés significa "confuso, borroso, indefinido o desenfocado". La lógica difusa es método de razonamiento de maquina similar al pensamiento humano siendo una forma de representación del

conocimiento permitiendo disminuir drásticamente el número de reglas que se necesitan para modelar un sistema. Una regla difusa cubre varios casos dentro del sistema del mundo real. (Hernandez, 2009)

La lógica difusa, es una lógica matemática basada en la teoría de conjuntos que posibilita imitar el comportamiento de la lógica humana es utilizada para representar información imprecisa siendo capaz de resolver problemas relacionados con la incertidumbre de la información o del conocimiento proporcionando un método formal para la expresión del conocimiento en forma entendible y comprensible por los humanos.

La Lógica Difusa es una rama de la inteligencia artificial que se funda en el concepto “Todo es cuestión de grado”, lo cual permite manejar información vaga o de difícil especificación. En cierto nivel, puede ser vista como un lenguaje que permite trasladar sentencias sofisticadas en lenguaje natural a un lenguaje matemático formal. Entonces con la lógica difusa es posible gobernar un sistema por medio de reglas de sentido común, las cuales se refieren a cantidades indefinidas. Establecen una frontera gradual entre la no-pertenencia y la pertenencia, y por tanto conforman una herramienta para el modelado de la imprecisión o la incertidumbre determinísticas. (Hernández, 2009)

2.6.1. CONJUNTOS DIFUSOS

La lógica difusa descende de los conjuntos difusos los cuales pueden contener elementos con grados parciales de pertenencia en los que los elementos pueden “pertenecer” o “no pertenecer” a dichos conjuntos por ejemplo: hombre alto, mediano, bajo.

La teoría de conjuntos difusos contempla la pertenencia parcial de un elemento a un conjunto, estableciendo un grado de pertenencia entre 0 y 1 tomando todos los valores intermedios, o bien estableciendo una escala de 0 a 100.

Este grado de pertenencia es asociado a un conjunto difuso A , se define como una función de pertenencia $\mu_A(x)$ proporciona el grado de pertenencia de un elemento x al

conjunto difuso A . Formalmente un conjunto difuso en el universo de discurso U se caracteriza por una función de pertenencia $\mu_A(x)$ que toma valores en el intervalo $[0,1]$, y puede representarse como un conjunto de pares ordenados de un elemento x y su valor de pertenencia al conjunto:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\}, \quad A \rightarrow [0,1]$$

Se define al universo de discurso U a un rango de valores que puede tomar un elemento conocido como una variable lingüística, de tal forma que un conjunto difuso se encuentra asociado con un determinado valor lingüístico que está definido por una etiqueta, palabra o adjetivo como ser (alto, medio, bajo) en la Figura 2.8. Se muestra los conjuntos difusos.

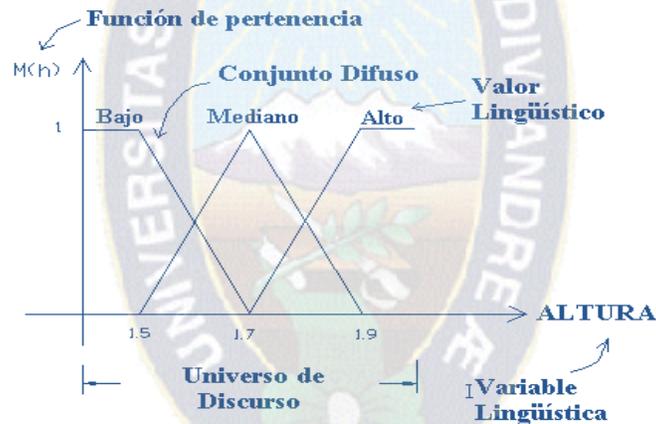


Figura 2. 8. Conjuntos Difusos

Fuente:[Hallasi, 2010]

2.6.2. VARIABLES LINGÜÍSTICAS

Se conoce como variable lingüística a una palabra o sentencias, las cuales son usadas por la sociedad para comunicarse utilizando palabras para describir variables, por ejemplo cuando se dice “esa persona es joven”, la palabra joven describe la edad de una persona que se encuentra en un determinado rango, es decir la variable edad actual toma la palabra joven como su valor, el cual puede tener un valor numérico como 18 años de edad. Dicha variable lingüística puede tener varios valores siendo representados como: infante, joven, adulto.

Cuando una variable toma números como sus valores, se tiene un marco de trabajo bien formulado matemáticamente, pero cuando una variable toma palabras como sus valores no se tiene un marco de trabajo formal matemáticamente, de aquí que el concepto de variable lingüística se introduce, si una variable puede tomar palabras en lenguaje natural como sus valores, esta es llamada variable lingüística.

2.6.3. FUNCIÓN DE PERTENENCIA

Una función de pertenencia permite determinar el grado de pertenencia de los elementos de un conjunto difuso se denota generalmente por μ y puede adoptar valores entre 0 y 1. Los elementos son variables difusas, siendo cualquier valor que se basa en la percepción humana. Es decir que la función de pertenencia proporciona una medida de grado de similitud de un elemento de U con el conjunto difuso.

Las funciones de pertenencia más usadas son la singleton, triangular, gamma, gaussiana, trapezoidal, exponencial entre otros. Se elige la forma de la función de acuerdo al problema que se presente, a continuación se muestran las funciones de pertenencia más conocidas:

- **Función trapezoidal**

Debido a la adaptabilidad a definiciones de cualquier concepto se usara la función Trapezoidal descrita a continuación: es definida por sus límites inferior a y superior d , y los límites de su soporte, b y c , inferior y superior respectivamente.

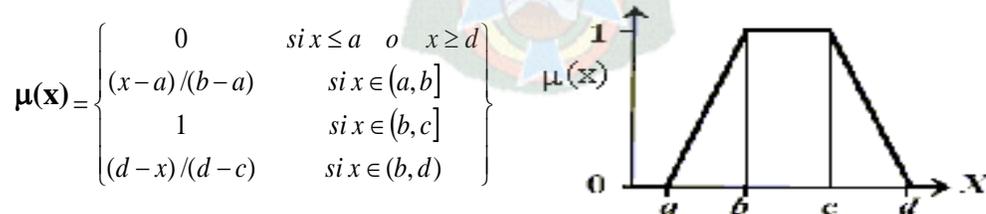


Figura 2. 9. Función Trapezoidal

Fuente:[Hernandez, 2009]

- **Función Triangular:**

Definido por sus límites (inferior **a** y superior **b**), y el valor modal **m**, tal que $a < m < b$.

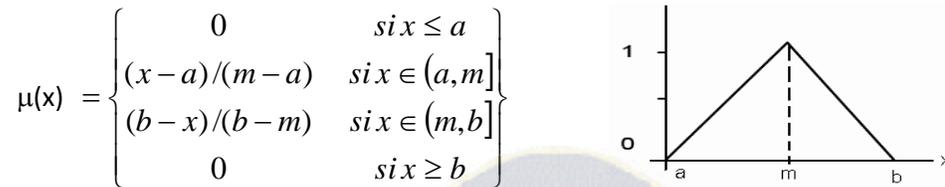


Figura 2. 10.Función Triangular

Fuente:[Hernandez, 2009]

A partir de lo anterior dar a la función de pertenencia flexibilidad a la modelación utilizando expresiones lingüísticas tales como mucho, poco, leve, severo, escaso, suficiente, caliente, frío, joven, es decir que si una variable puede tomar palabras en lenguaje natural como sus valores, esta es llamada variable lingüística.

2.6.4. INFERENCIA DIFUSA

La inferencia en general es un proceso para generar nueva conocimiento a partir de hechos existente, y una forma de representar el conocimiento es a partir de reglas difusas que constan de una estructura básica. “**si x es A entonces y es B**”, el cual se basa en el condición – acción.

Se conoce como A y B como conjuntos difusos pertenecientes a un universo de discurso, de tal manera que una regla exprese una relación entre ambos conjuntos, siendo una implicación la cual se refiere a “si x cumple entonces se puede inferir y”. El conocimiento se encuentra dentro de la base de conocimiento debe cumplir con dos objetivos fundamentales el primero es proveer las definiciones necesarias para definir las reglas lingüísticas de control y la manipulación de información y la segunda almacena los objetivos. El motor de inferencia decide el orden en que se hacen las inferencias. Realizando un proceso mediante el cual se obtiene un resultado a partir de premisas difusas, las

principales reglas de inferencia usadas son el “Modus ponens” y “Modus tollens” los cuales se describen a continuación:

Modus Ponens	Modus Tollens
Premisa 1: IF x es A THEN y es B Premisa 2: x es A <hr style="width: 100%;"/> Consecuencia: y es B	Premisa 1: IF x es A THEN y es B Premisa 2: y es ¬B <hr style="width: 100%;"/> Consecuencia: x es ¬A

Reglas difusas, una regla difusa base es un conjunto de reglas *if-then* que pueden ser expresadas de la siguiente forma:

$$R^m: \text{If } x_1 \text{ es } A_1^m \text{ and } x_2 \text{ es } A_2^m \text{ and } x_p \text{ es } A_p^m \text{ Then } y \text{ es } B^m; \text{ sim } \in (1, M)$$

Donde A_i^m y B^m son conjuntos difusos $x_i \in A$ y $y \in B$.

Existen dos caminos para obtener el conjunto de reglas correspondiente a un conjunto de datos numéricos: dejar que los datos establezcan los conjuntos difusos que aparecen en los antecedentes y los consecuentes; predefinir los conjuntos difusos para antecedentes u consecuentes para luego asociar los datos a esos conjuntos. Para obtener el conjunto completo de reglas que modelan un problema se puede partir de considerar todas las combinaciones de reglas, que es posible establecer teóricamente, entre el número de antecedentes p y el número de conjuntos difusos de entrada A_p considerados para cada antecedente. Así, para cada consecuente, el número teórico de reglas posibles será:

$$R_t = \prod_n A_n; \text{ sin } \in (1, p)$$

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

2.6.5. CONTROL DIFUSO

Es una alternativa para resolver aplicaciones de control complejas, Busca modelar la forma como el cerebro manipula información imprecisa usándolo para la toma de decisiones. La estructura de un sistema difuso, está constituida por tres bloques principales: el de transformación de los valores numéricos en valores de lógica difusa; el motor de inferencia que emplea las reglas; y el bloque de conversión de los valores de la lógica difusa en valores numéricos, siendo representados de siguiente forma:

Fusificación (Difusor), Bloque en el que a cada variable de entrada se le asigna un grado de pertenencia a cada uno de los conjuntos difusos que se ha considerado, mediante las funciones características asociadas a estos conjuntos difusos. La entrada a este bloque son valores concretos de las variables de entrada y las salidas son grados de pertenencia a los conjuntos difusos considerados.

Inferencia Lógica, Después de realizar la Fusificación de las variables de entrada y de salida, mediante los mecanismos de inferencia se debe establecer las reglas que relacionen los conjuntos difusos de entrada con las de salida. Las entradas y salidas del bloque son conjuntos difusos asociados a la variable de salida.

Defusificación (Defuzzification), Después evaluar las variables difusas a través del mecanismo de inferencia se obtiene un valor concreto de resultado generado mediante métodos matemáticos de defusificación y se traslada dicho valor nuevamente hacia el mundo real. El método más popular de defusificación es el cálculo del centro de gravedad ó centroide el cual retorna el centro del área bajo la curva. Al igual que en los pasos anteriores existen más métodos de cálculo.

2.7. NUTRICIÓN Y SALUD

La nutrición es la ingesta de alimentos en relación con las necesidades dietéticas del organismo. Según la OMS una buena nutrición es una dieta suficiente y equilibrada

combinada con el ejercicio físico regular es un elemento fundamental para una buena salud. Una mala nutrición puede reducir la inmunidad, aumentar la vulnerabilidad a las enfermedades, alterar el desarrollo físico y mental, y reducir la productividad.

Como Hipócrates decía: *"Deja que la comida sea tu medicina y la medicina sea tu comida"* desde la antigüedad se demostró que hay una gran conexión entre la nutrición y la salud. En la actualidad las carencias nutricionales son un motivo de preocupación en diversos países en vías de desarrollo, mientras que en los países desarrollados hay enfermedades asociadas a una alimentación incorrecta, y no a desnutrición como en el caso anterior.

Sin embargo la sociedad ha llegado a tergiversar el concepto de salud y nutrición por ejemplo, los términos "sin conservantes", "sin colorantes", "natural", "sin azúcar" o "sin colesterol" son muy utilizados en publicidad, independientemente del beneficio real de excluir estos componentes de la dieta y de las características del producto. También hay grandes abusos en el tratamiento de la obesidad, para la que se ofrecen diversos tipos de dietas milagro siendo perjudiciales para la salud. Por tanto la nutrición es una ciencia de la que queda mucho por conocer se han hecho grandes avances científicos que han permitido demostrar la relación nutrición-salud. Una alimentación equilibrada y saludable mejora y mantiene la salud de las personas, ayudando a prevenir múltiples enfermedades y con ello, a reducir costes en sanidad. Por tanto, es importante concientizar de la importancia de seguir una alimentación saludable, para tener una buena calidad de vida.

2.7.1. NUTRICIÓN EN LA INFANCIA

La nutrición en la etapa de crecimiento es esencial para conseguir un desarrollo adecuado en peso y talla y alcanzar un óptimo estado de salud. En esta presentan necesidades muy elevadas de energía y nutrientes. Los déficits en el desarrollo temprano de niño, es decir antes de los 5 años tienen repercusiones en el desarrollo cognitivo

El avance en los conocimientos sobre la nutrición infantil ideal tiene como objetivos el estudio del crecimiento y desarrollo, el análisis de sus bases, sus consecuencias inmediatas

y, a largo plazo, y la alimentación que recibe el niño. El aporte adecuado de nutrientes que recibe un niño es un factor decisivo para conseguir un estado de salud adecuado y un desarrollo en peso y estatura óptimo. Así, el aporte correcto de nutrientes debe cubrir en el niño las necesidades de su organismo en calorías, principios inmediatos, sales, coenzimas y otros factores biogénicos.

El **exceso de alimentación** puede llegar a producir un aumento en la masa corporal pero no en la talla, mientras que el **déficit de nutrientes** cualitativo o cuantitativo, produce una pérdida de peso y, si se prolonga en el tiempo. Los síntomas que se presentan los niños a causa de un mal consumo de nutrientes son:

- Baja talla para la edad
- Pérdida de masa muscular
- Niveles de energía
- Cansancio, Agotamiento.
- Problemas de digestiones
- debilidad corporal
- dificultades de concentración.
- Uñas quebradizas
- Cabello débil
- Nivel de actividad física
- Anemia por deficiencia de hierro
- Sobrepeso con tendencia creciente (Obesidad)
- Desnutrición
- Deficiencia de la vitamina A

2.7.2. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

La palabra nutriente describe todas las sustancias alimenticias usadas para obtener un desarrollo normal, buena salud, los nutrientes se clasifican en dos grupos:

Los macronutrientes, constituyen los principales ingredientes de la dieta y son el material básico que compone el cuerpo humano por norma general, las proteínas y grasas forman el 44% y el 36% del peso del cuerpo, respectivamente, o bien el “combustible” necesario para

que funcione lo ideal es que los hidratos de carbono y las grasas nos proporcionen el 55% y el 30% de nuestra energía. Los principales son las proteínas, los lípidos (grasas), los hidratos de carbono.

Los micronutrientes, a diferencia de los macronutrientes, los micronutrientes casi no aportan energía, sino que constituyen unos factores de colaboración esenciales para que el metabolismo funcione, los Micronutrientes son principalmente: vitaminas (por ejemplo, las vitaminas A, B, C, D, E y K), minerales (como el calcio y fósforo), oligoelementos (como pueden ser el hierro, zinc, selenio y manganeso).

Aunque estos nutrientes se necesitan en cantidades muy pequeñas son, sin embargo los elementos alimentarios clave. Sin ellos no tendrían lugar los procesos de crecimiento y producción de energía, al igual que otras muchas funciones normales.

En los niños menores a 5 años de edad la deficiencia de hierro, yodo, zinc y vitamina A, afecta en la función cognitiva, la inmunidad y en el futuro la capacidad de trabajo y la salud. Una alimentación adecuada consiste en el suministro óptimo tanto de macronutrientes como de micronutrientes. La insuficiencia o el exceso en el consumo de cualquiera de ellos pueden acarrear problemas como desnutrición, sobrepeso.

Según la recomendación conjunta de la FAO (Organización de Alimentación y Agricultura), OMS (Organización Mundial de la Salud) y UNU (Universidad de las Naciones Unidas), los requerimientos individuales de energía corresponden al gasto energético necesario para mantener el tamaño y composición corporal así como un nivel de actividad física compatibles con un buen estado de salud y un óptimo desempeño económico y social. En el caso específico de niños el requerimiento de energía incluye la formación de tejidos para el crecimiento.

2.7.3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL

El estado nutricional correspondería a la situación del organismo resultante de dicho proceso, consecuencia del equilibrio entre aporte y consumo de nutrientes una medida para valorar el estado nutricional es la del crecimiento de peso y estatura.

En los niños y especialmente durante el primer año de vida, debido a la gran velocidad de crecimiento, cualquier factor que altere este equilibrio repercute rápidamente en el crecimiento. Por esta razón, el control continuo de salud constituye el elemento más valioso en la detección precoz de alteraciones nutricionales, ya que permite hacer una evaluación oportuna y adecuada.

Existen diferentes métodos para realizar la una evaluación del estado nutricional de un niño(a). Se usara el **método antropométrico**: el cual es un método práctico, no invasivo, para estimar la composición corporal antropometría como el recurso más sencillo y económico para medir la situación nutricional de una comunidad especialmente en los niños, y es uno de los ejes de la vigilancia nutricional para focalizar intervenciones alimentarias o de salud.

Para tal efecto usa indicadores antropométricos, miden las variaciones en las dimensiones físicas, los cuales se basan en el peso, la talla, perímetros tanto cefálico, braquial y la medición de pliegues entre otros. Para determinar si un niño(a) tiene un peso adecuado se usara la valoración de IMC es el índice de masa corporal que medir la cantidad de masa corporal y grasa corporal.

CAPITULO III

MARCO APLICATIVO

3.1. PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Después de haber formulado el planteamiento del problema, definir los alcances y límites, además de formular la hipótesis de la investigación, el presente capítulo comprende la elaboración del Sistema Inteligente utilizando la base teórica para su desarrollo con el objetivo de coadyuvar a la obtención del estado nutricional en niños menores a 5 años.

Como ya se señaló el SI es un sistema basado en conocimiento para representarlo se hará uso de conjuntos difusos siendo parte de la lógica difusa, para su elaboración se utilizará la metodología Prometheus la cual está orientada a agentes inteligentes, para realizar el modelado se usará PDT (Prometheus desingtools) plugin de eclipse, y a la vez ayudará a identificar todos los componentes de sistema paso a paso siguiendo estrictamente lo que se indique. Dicha metodología se compone de tres fases cada una ofrece una serie de productos.

3.2. ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA

Es la primera fase para la construcción del Sistema Inteligente se empezará por identificar los actores y sus interacciones con el entorno del sistema, especificar las metas del sistema, luego describir el comportamiento que realiza el sistema.

De esta manera se determinará las funciones básicas del sistema permitiendo interactuar con el usuario por medio de un agente de interfaz basándose en percepciones (entradas)-acciones (salidas). En esta fase las principales actividades a realizar son la especificación de los objetivos, los escenarios y las funcionalidades.

3.2.1. ESPECIFICACIÓN DE OBJETIVOS

En la especificación de sistemas la primera actividad es determinar las metas del sistema con ayuda de agentes basados en objetivos. A continuación se señalarán los objetivos iniciales identificados al examinar la secuencia de acciones interpretados en un diagrama de objetivos.

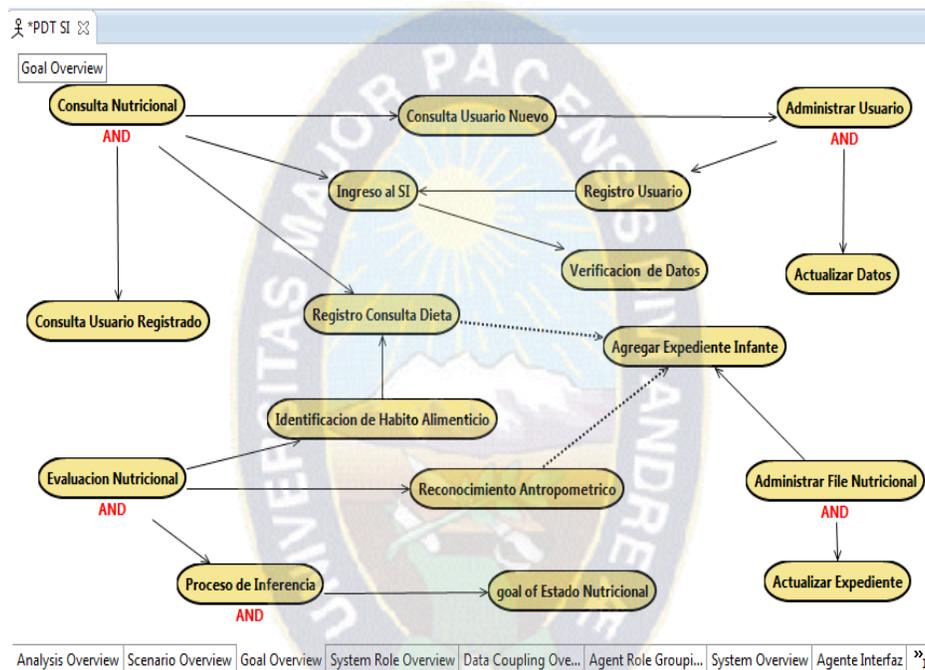


Figura 3. 1. Diagrama de objetivos

Fuente:[Elaboración propia]

Los actores que interactuarán con el SI son los siguientes:

Nutricionista, tiene un rol importante que requiere de actividades que son basados en conocimiento para así realizar una acción siendo el Sistema Inteligente un apoyo para el nutricionista proporcionándole funciones para generar registros y cálculos de cada niño.

Tutor, requiere un interfaz gráfico, sencillo y de fácil manejo permitiéndole tener accesibilidad a la información y realizar un control nutricional continuo de su niño(a).

El agente inteligente: El cual interactuara con un dominio de conocimiento, siendo representado con la técnica de lógica difusa debido a la incertidumbre que se maneja en algunos datos.

3.2.2. FUNCIONALIDADES

Son roles que se identificaron en el sistema agrupando los objetivos similares, acciones y percepciones asignados dentro de roles. Reuniendo los objetivos de forma coherente para obtener sus funcionalidades, convirtiendo los objetivos en funcionalidades y los sub objetivos de metas.

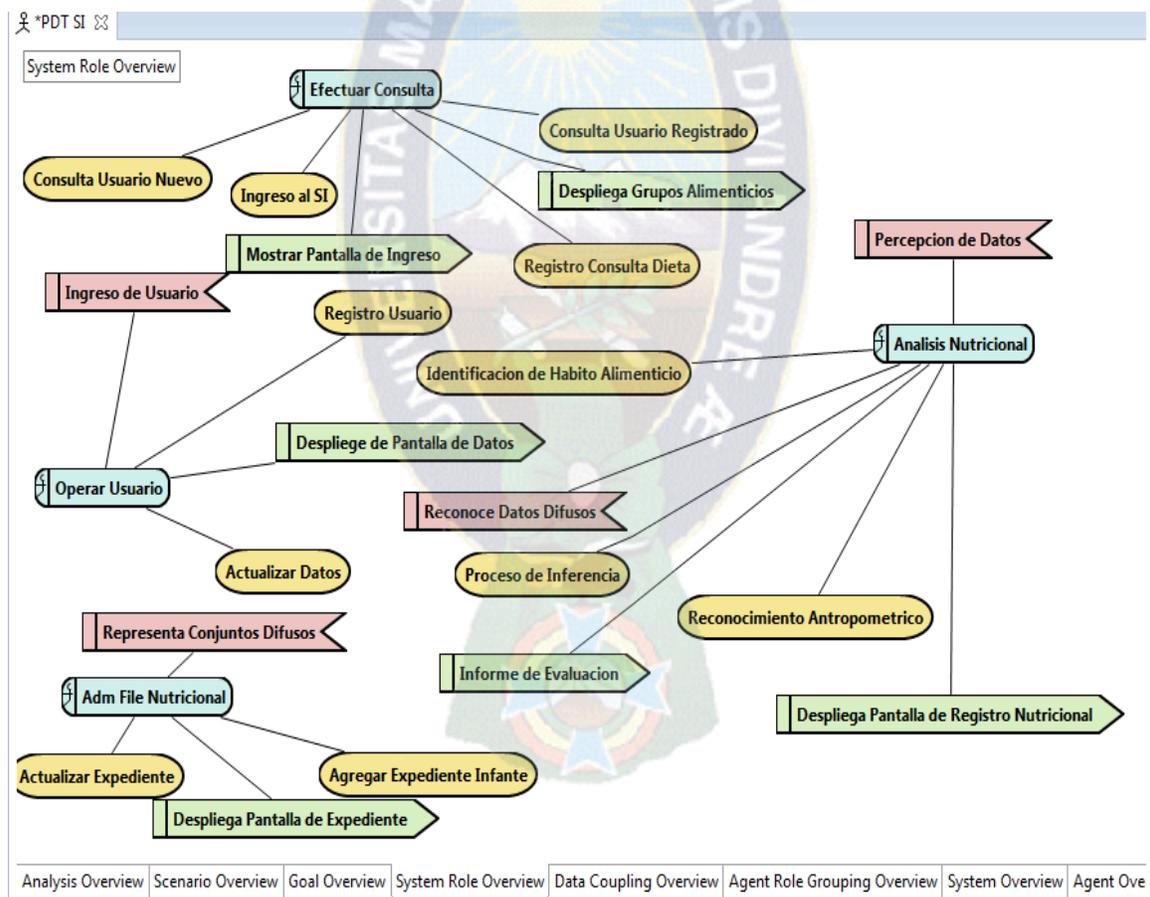


Figura 3. 2. Diagrama de Roles
Fuente:[Elaboración propia]

Se usa descriptores para cada funcionalidad del sistema representado en forma textual una descripción breve de la funcionalidad, así como las metas que percibe cada funcionalidad.

Descripción de funciones		
Rol	Descripción	Objetivo
Operar usuario	Esta funcionalidad se encarga de registrar a un usuario y actualizar la información si así se lo requiere, una vez registrado los datos pertinentes se puede acceder a consultas.	Actualizar datos de niño(a) y realizar consultas.
Efectuar consulta	Funcionalidad que permite administrar consultas del ingreso al sistema y registro de dietas del usuario, lo cual se efectuara desplegando una pantalla de inicio e interacción de las consultas.	Identificar hábitos alimenticios.
Evaluación nutricional	Su funcionalidad es un proceso de valoración del estado nutricional de niño(a). El proceso de inferencia se realizara a partir del cocimiento adquirido, el cual es representado mediante conjuntos difusos.	Realizar un proceso inductivo para identificar el estado nutricional.
Administración file nutricional	Tiene la funcionalidad de mantener actualizado el historial del niño(a), si un usuario es nuevo se creara su correspondiente historial para tal caso se mostrara la pantalla del historial, permitiendo hacer un continuo seguimiento.	Registro de historial nutricional.

Tabla 3. 1. Descripción del diagrama de roles

Fuente:[Elaboración propia]

3.2.3. IDENTIFICACIÓN ESCENARIOS

En la especificación de sistemas la tercera actividad es la determinación de escenarios son pasos detallados que ilustran las operaciones del Sistema Inteligente para realizar percepciones y así generar acciones que son respuesta a eventos, siendo así en la (Figura 3.3) Se identificó los escenarios posibles que contiene el SI.

En la (Tabla 3.2), se muestran los detalles de la descripción de los escenarios del diagrama.

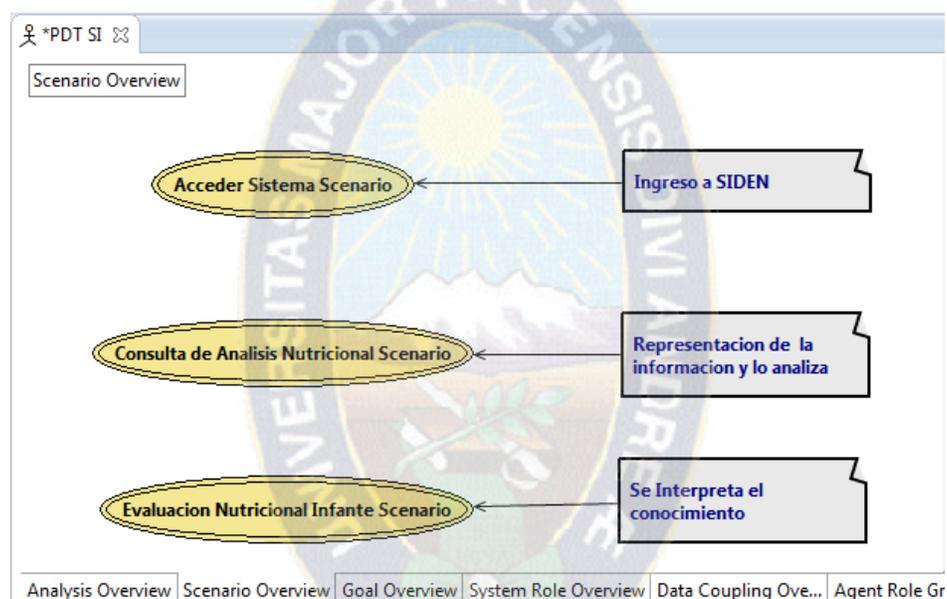


Figura 3. 3.Diagrama de escenarios

Fuente:[Elaboración propia]

Descripción de escenarios			
Nombre	Descripción	Prioridad	Pasos previos
Acceder sistema	Este escenario describe el acceso del usuario, obteniendo la información básica para un resultado.	Esencial	Ninguno

Consulta de análisis nutricional	En el escenario se visualizara una serie de opciones para el requerimiento que usuario necesite para realizar consultas.	Esencial	Acceder al sistema
Evaluación nutricional infante	Para la evaluación el escenario mostrara la opción de un informe general o especifico, luego de determinar las opciones se finalizara el proceso	Esencial	Iniciar consulta de análisis nutricional

Tabla 3. 2. Descripción del acceso al sistema

Fuente:[Elaboración propia]

Los descriptores de cada escenario se encargan de especificar de forma textual cada uno de ellos con relación a su funcionalidad y los datos que se manejan.

Escenario: Acceder al Sistema.

Descripción: Este escenario describe el acceso al sistema tiene el objetivo de registrar al usuario nuevo mostrando la pantalla de ingreso.

Nro.	Tipo de proceso	Proceso	Funcionalidad	Datos usados y producidos
1	Acción	Requerimiento al ingreso de sistema	Operar actividad de usuario	Ninguno
2	Objetivo	Registro de usuario	Operar actividad de usuario	Ninguno

3	Objetivo	Actualizar datos de usuario	Operar actividad de usuario	Base de datos de usuario
4	Meta	Realizar consultas	Ejecutar actividad de consulta	Base de datos nutricionales

Tabla 3. 3. Descripción del acceso al sistema

Fuente:[Elaboración propia]

Escenario: Consulta de análisis nutricional

Descripción: Una vez registrados los datos del paciente el usuario ingresa al sistema luego solicita consulta nutricional, para tal hecho se procede a especificar funcionalidades nutricionales del niño para el registro de la consulta.

Nro.	Tipo de proceso	Proceso	Funcionalidad	Datos usados y producidos
1	Acción	Ingreso de usuario	Efectuar actividad de consulta	Ninguno
2	Objetivo	Consulta de usuario	Efectuar actividad de consulta	Ninguno
3	Acción	Identificar usuario	Operar actividad de usuario	Informe de registro
4	Objetivo	Registro de consulta nutricional	Ejecutar actividad de consulta	Informe de usuario

Tabla 3. 4. Descripción de consulta nutricional

Fuente:[Elaboración propia]

Escenario: Evaluación nutricional del niño(a)

Descripción: Se identifica el estado nutricional actual del paciente luego se procede a identificar los hábitos nutricionales.

Nro.	Tipo de proceso	Proceso	Funcionalidad	Datos usados y producidos
1	Acción	Registro de datos antropométricos	Evaluación nutricional	Datos de usuario
2	Objetivo	identificación de hábitos nutricionales	Evaluación nutricional	Datos de usuario
3	Acción	Mostrar pantalla de registro nutricional	Evaluación nutricional	Información de dietas
4	Acción	Registro de nutricional	Ejecutar actividad de consulta	Estado actual del niño(a)
5	Objetivo	Proceso de inferencia	Evaluación nutricional	Estado actual del niño(a)
6	Acción	Información de la evaluación	Evaluación nutricional	Estado actual del niño(a)

Tabla 3. 5. Descripción de la evaluación nutricional del niño(a)

Fuente: [Elaboración propia]

3.3. DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Es la segunda fase para el diseño del Sistema Inteligente, en el cual se centrara en la obtención del estado nutricional, siendo una etapa que determina los tipos de agentes, para

ello se debe identificar todas sus responsabilidades de cada uno, al igual que sus interacciones y así obtener el diseño de la estructura del sistema lo que se representara mediante los siguientes diagramas.

3.3.1. DIAGRAMA DE ACOPLAMIENTO DE DATOS

En el diagrama se mostrara las funcionalidades que estén relacionados con el uso de datos, los cuales se agruparan para determinar los agentes del sistema.

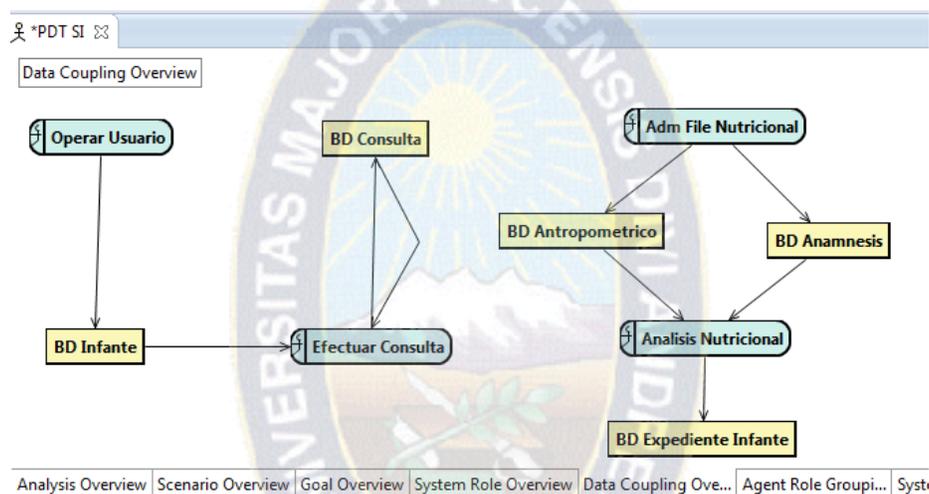


Figura 3. 4.Diagrama de acoplamiento de datos

Fuente:[Elaboración propia]

3.3.2. DIAGRAMA AGENTE - ROL

Los diagramas de agente – rol son importantes ya que, representara una visión de los roles de cada agente, dando la posibilidad de describir la interacción que existe entre agentes con sus funcionalidades.

En la siguiente (Tabla 3.6) se utiliza descriptores para agentes que se identificaron en el sistema, además de sus respectivas metas percepciones y acciones que realiza cada agente.

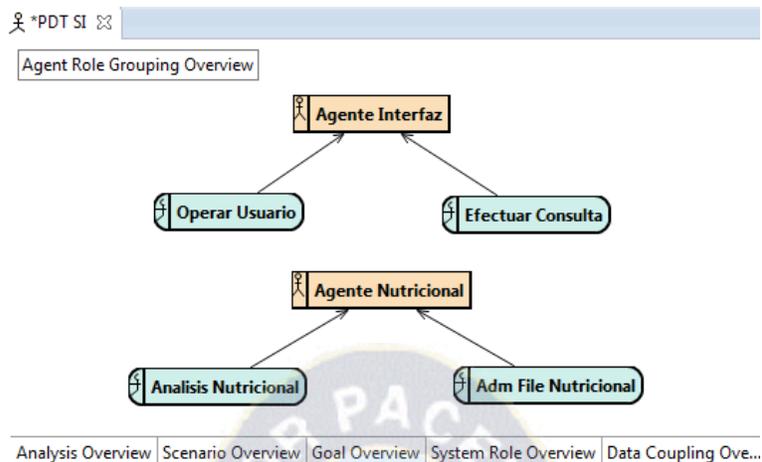


Figura 3. 5.Diagrama agente – rol

Fuente:[Elaboración propia]

Funciones de los agentes		
Agente	Descripción	Objetivo
Agente interfaz	Es un asistente personal observa e interpreta las acciones realizadas por el usuario en la interfaz, aprende de ello, y sugiere mejores caminos para realizar la tarea conocido como un agente inteligente.	Colabora con el usuario en su mismo entorno.
Agente Nutricional	El agente se encarga las funciones del sistema, de manera que interactúa y realiza procesos para evaluación nutricional.	Guiar a la obtención del estado nutricional del niño.
Agente usuario	Interactúa con el sistema y administra el sistema.	Con la finalidad de ejecutar consultas.

Tabla 3. 6.Roles de agentes del SI

Fuente:[Elaboración propia]

Luego de reconocer los roles del usuario (agente humano) y el agente inteligente. Se procede a describir y comprender las funciones de cada agente haciendo uso de descriptores, el cual permitirá saber las interacciones que se realizan dentro del sistema.

Descriptores del agente inteligente		
Nombre:	Agente Interfaz	Agente Nutricional
Descripción	Percibe y almacena la información del infante.	Evaluación de datos de entrada, proceso de inferencia, luego proporciona resultados.
Cardinalidad	Uno/usuario.	Uno/usuario.
Tiempo de vida	Inicia cuando el usuario llega y solicita una función, termina cuando se muestra resultados.	Inicia cuando el usuario hace consulta y termina cuando se informa el estado nutricional.
Inicialización	Obtiene datos de Infante.	Obtiene datos de entrada.
Desaparición	Cierra lectura de BD	Cierra lectura de BD
Funcionalidades incluidas	Interacción con el usuario	Utilización de variables, identificación de datos difusos.
Datos usados	BD infante, BD consulta.	BD infante, BD anamnesis, BD antropométrico.
Produce datos	BD infante, BD consulta.	BD expediente infante.
Metas	Recepción de usuario y registro de infante.	Obtención de evaluación, proceso de inferencia.

Responde a las percepciones	Ingreso al sistema, registro de información.	Consultas de usuario.
Acciones	Muestra opciones para registrar datos necesarios.	Genera un informe del estado nutricional.
Interactúa con	Usuario, la base de datos.	Usuario, datos del niño(a).

Tabla 3. 7.Descriptor de los agentes inteligentes en base a (Prometheus, 2012)

Fuente:[Elaboración propia]

Como se mencionó en el capítulo 2, el Sistema Inteligente consta de tres partes fundamentales, con ayuda del agente interfaz se interpreta cada proceso, el cual tiene un objetivo que alcanzar.

Proceso	Sistema Inteligente
Percepciones	Recepción de la información y generación de conocimiento
Razonamiento	Procesos de inferencia
Acciones	Generación de conocimiento
Objetivo	Estado nutricional del niño(a)

Tabla 3. 8.Proceso del Sistema Inteligente basado en (Norvig, 2004)

Fuente:[Elaboración propia]

3.3.3 DIAGRAMA DE INTERACCIÓN

El diagrama representa de forma gráfica la interacción entre el usuario y el agente inteligente de interfaz identificando secuencias de mensajes, a continuación se va a graficar la interacción entre el usuario y el agente. Cabe aclarar que los agentes tienen un comportamiento secuencial.

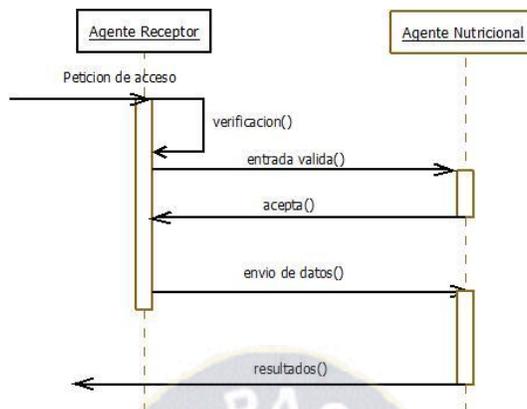


Figura 3. 6. Diagrama de interacción consulta nutricional

Fuente:[Elaboración propia]

3.3.4. DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA

En el diagrama se muestra la visión total del Sistema Inteligente siendo la actividad más importante en la fase de diseño ya que ayuda al entendimiento de la estructura del sistema.

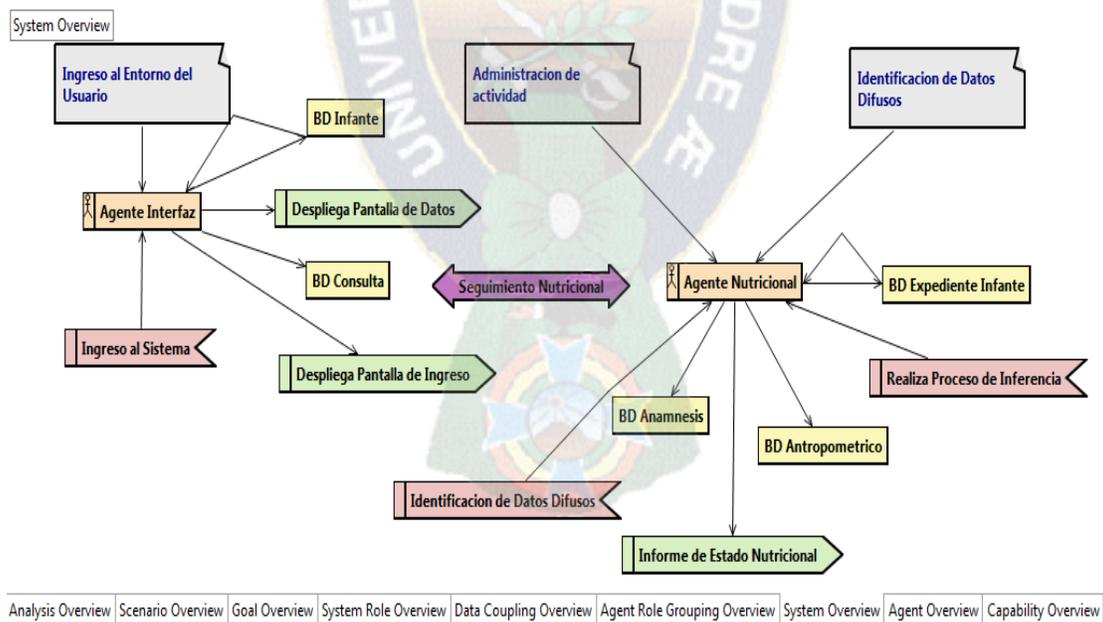


Figura 3. 7. Diagrama general del sistema

Fuente:[Elaboración propia]

3.4. DISEÑO DETALLADO

Es la fase final de la metodología de Prometheus muestra la parte interna de los agentes que participan en el sistema, se realizara la descripción de los agentes identificados en el Sistema Inteligente con sus percepciones y acciones respectivas.

3.4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS AGENTES

Agente receptor Es el agente interfaz, el cual tiene la capacidad de verificar usuario y registrar información del infante.

Agentenutricional Es capaz de registrar datos antropométricos, como de anamnesis y a partir de ello generar conocimiento.

AGENTE RECEPTOR

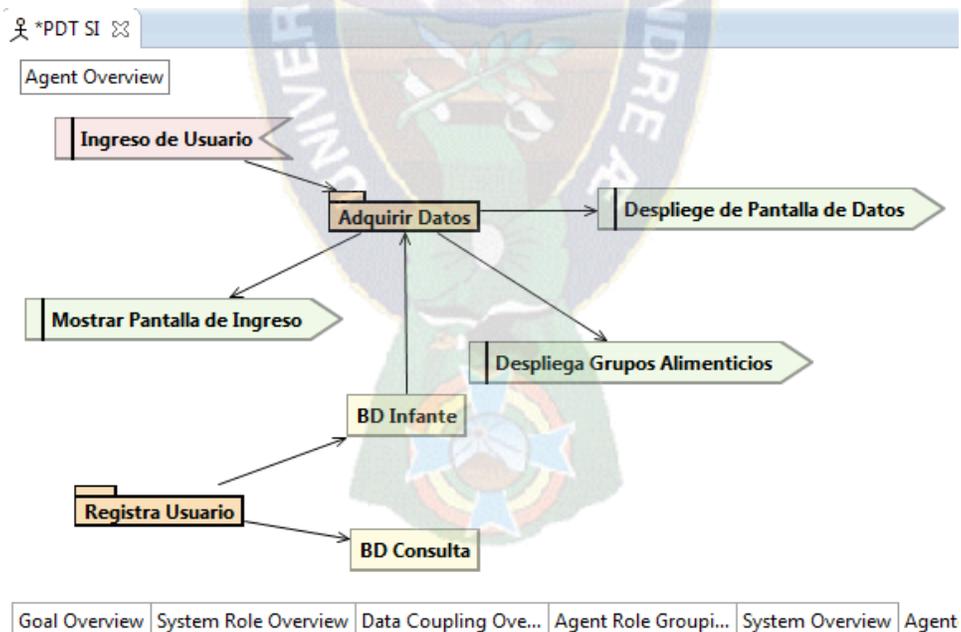


Figura 3. 8. Diagrama agente receptor

Fuente: [Elaboración propia]

AGENTE NUTRICIONISTA

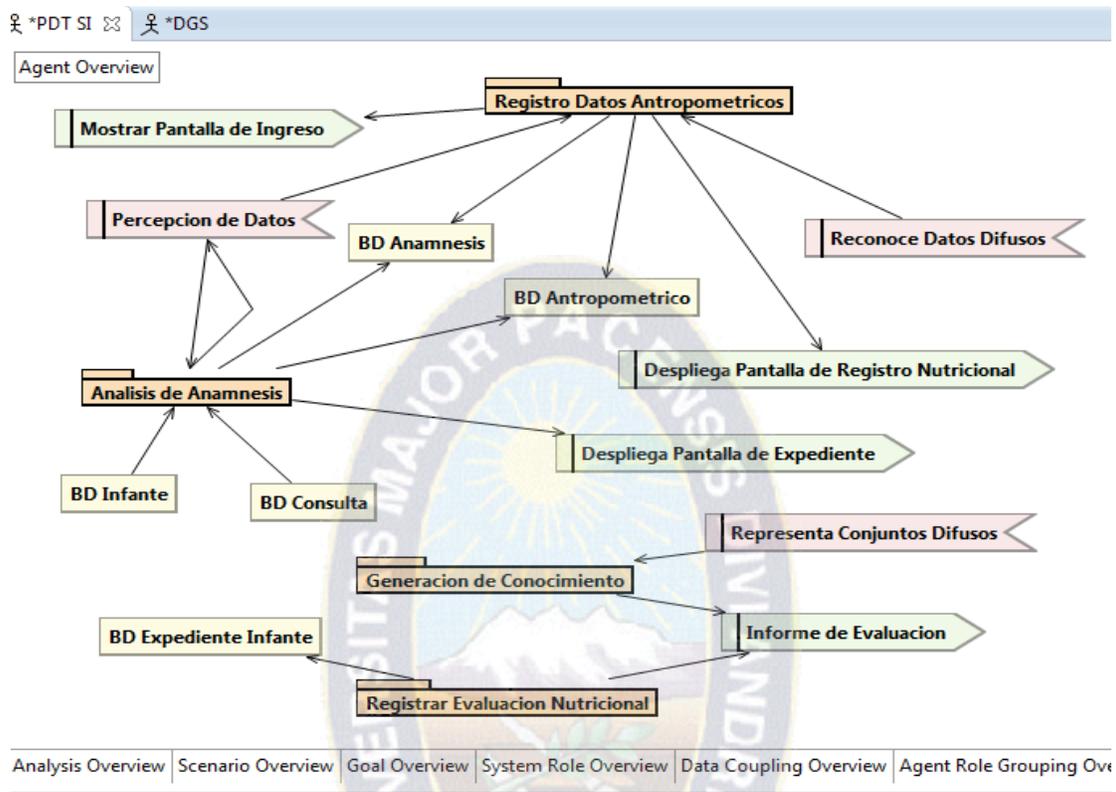


Figura 3. 9.Diagrama agente nutricionista

Fuente:[Elaboración propia]

3.4.2. DESCRIPTORES DE CAPACIDAD

El descriptor permitirá establecer a detalle las capacidades internas de los agentes, se tomara en cuenta los de más importancia.

Nombre: Adquirir datos
Interfaces externas para la capacidad: se muestra un interfaz para la interacción con el usuario, de modo que se obtienen los datos del entorno.
Descripción en lenguaje natural: el agente espera para que se ingrese los datos.

Interacción con otras capacidades: se preparan la información obtenida para su estudio y almacenamiento.
Datos usados/generados por la capacidad: se produce los datos básicos del infante.
Inclusión de otras capacidades: se registran los datos obtenidos.
Nombre: Registrar evaluación nutricional
Interfaces externas para la capacidad: el sistema muestra resultados obtenidos a partir de un proceso de inferencia.
Descripción en lenguaje natural: el agente luego percibir, interpretar y analizar, realizara procesos para obtener el objetivo del SI.
Interacción con otras capacidades: se analiza las variables de entrada y la interpretación del conocimiento.
Datos usados/generados por la capacidad: se usan los datos del infante, como respuesta al ambiente se despliega resultados sobre las consultas que el usuario.
Inclusión de otras capacidades: ninguna.

Tabla 3. 9.Descriptores de capacidad

Fuente:[Elaboración propia]

3.4.3. ACCIONES DEL AGENTE

Realiza operaciones de acuerdo a sus capacidades a través de los parámetros percibidos. El objetivo del agente nutricional es brindar respuestas, llevando a cabo una planificación para su ejecución. El agente presenta los siguientes atributos:

- Autonomía: tiene autonomía debido a que realiza procesos de razonamiento independientemente del especialista nutricional.
- Inteligencia: percibe e identifica los eventos que suceden a su alrededor llegando a proporcionar conocimiento para el usuario.

- Reactividad: dentro de su entorno reacciona de acuerdo a las necesidades del usuario de manera que percibe consultas y reacciona con una respuesta enfocada a su objetivo.
- Pro actividad: lleva a cabo acciones para conseguir sus metas.

3.5. DESCRIPCIÓN DEL CONOCIMIENTO

La base de conocimiento contiene conocimiento especializado sobre el dominio en el que se trabaja, el mismo tendrá una relación con el agente, dándole la posibilidad de adquirir conocimiento para poder planificar decisiones y luego ejecutarlas, tal acción utilizará técnicas básicas como la lógica proporcional, hechos y reglas de actuación (si situación entonces acción), de manera que la incertidumbre es representada por medio de la lógica difusa.

En la siguiente grafica se muestra una visualización general del comportamiento de cada componente y la interacción que realizan.

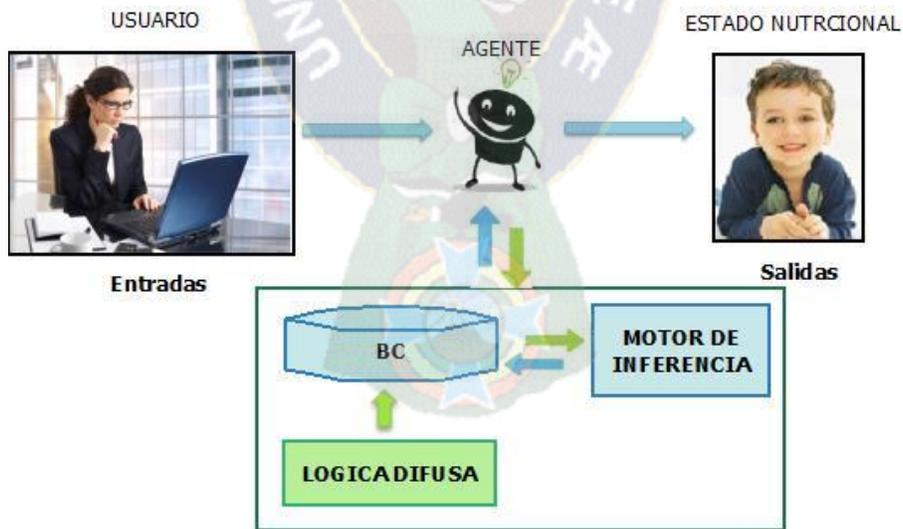


Figura 3. 10. Descripción del Conocimiento

Fuente:[Elaboración propia]

La base de conocimiento dispone de un conocimiento concreto, el cual estará constituido en los resultados del método antropométrico indicando así: Desnutrición severa, desnutrición leve, normal, sobre peso, obesidad.

3.5.1. VARIABLES DE LA BASE DE CONOCIMIENTO

Después de realizar un estudio sobre el dominio en el caso de la investigación, se realizó un análisis sobre el campo nutricional, permitiendo identificar las variables que intervienen al momento de tomar una decisión, cuyo objetivo será ayudar a coadyuvar a la determinación del estado nutricional de un niño(a).

VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS			
Nro.	Variable	Descripción	Valores lingüísticos
1	Edad	La edad que presenta el niño(a)	$1 \leq \text{edad} \leq 5$
2	Sexo	Es la identificación del género al que pertenece el infante	Femenino, Masculino
3	Peso	Peso corporal, es la suma del tejido muscular, adiposo y óseo, conjuntamente con los órganos y líquidos de cuerpo.	Expresado en unidad [Kg].
4	Talla	Es la estatura del niño(a), indicador antropométrico que mide su longitud,	Expresado en unidad [cm].
5	Peso/ talla (IMC)	Hace la realización de medidas corporales, utilizando métodos antropométricos.	Reducido, normal. elevado
6	PC	Perímetro cefálico, indicador de un desarrollo adecuado.	Normal, caso especial.

VARIABLES RELACIONADAS CON LA ALIMENTACIÓN			
Nro.	Variable	Descripción	Valores lingüísticos
1	DC	Debilidad corporal factor que presenta el niño(a).	Si, No
2	PS	Padres con sobrepeso, factor que ayuda a determinar el estado nutricional.	Si, No
3	PD	Problemas digestivos, representa un síntoma de mala nutrición.	Si, No
4	DR	Dificultad de concentración, problema que presentan un síntoma de mala nutrición.	Si, No
5	CL	Crecimiento lento, se refiere al desarrollo del niño(a) se produce más lentamente de lo normal.	Si, No
6	NA	Nivel de actividad, es el gasto energético se realiza.	Leve, moderado, excesivo.
7	EA	Estado Anímico, síntoma de primera llamada de atención.	Reducido, normal. Elevado.
8	IGA	Son variables que describen la ingesta de grupos alimenticios para el desarrollo físico e intelectual, se relaciona con la frecuencia de consumo.	Leve, moderado, excesivo.

Tabla 3. 10.Identificación de variables

Fuente:[Elaboración propia]

Requerimiento nutricional	VariableIGA
Cereales y derivados	Req 1
Verduras y frutas	Req 2
Leche y derivados	Req 3
Carnes, pescados y huevos	Req 4
Legumbres y frutos secos	Req 5

Una vez descritas las entradas al sistema y los procesos de las variables que se manejan se procederá a aplicar las reglas de actuación, conjuntos difusos para inferir. El agente evaluador se encarga del manejo de los parámetros de entrada, de tal forma que se pueda ser relacionado con la base de conocimiento.

3.5.2.REPRESENTACIÓN DE CONJUNTOS DIFUSOS - FUZZIFICACIÓN

Luego de la especificación de las variables se procede a identificar las variables que requieren un análisis especial debido a su grado de incertidumbre, con ayuda de los conjuntos difusos se puede plasmar como trabajan las variables lingüísticas difusas, siendo representados en funciones de pertenencia para luego ser asociados a cada conjunto difuso, debido a que disponen de varias respuestas. Cabe señalar que las respuestas de si-no, utilizan la lógica clásica que tienen los valores de verdad o falso, por tanto no necesitan de una función de pertenencia. Por consiguiente los conjuntos difusos y las funciones de pertenencia para cada variable difusa se muestran a continuación:

- **(IMC) Peso/ talla:** Tanto el peso como la talla son determinantes para comenzar a determinar el estado nutricional.

Se realiza criterios de clasificación representado cada variable en un conjunto difuso, el cual presenta similarmente tres subconjuntos difusos que son: Reducido con un rango de 0-80, Normal con un rango de 60-120, Elevado con un rango de 100-180.

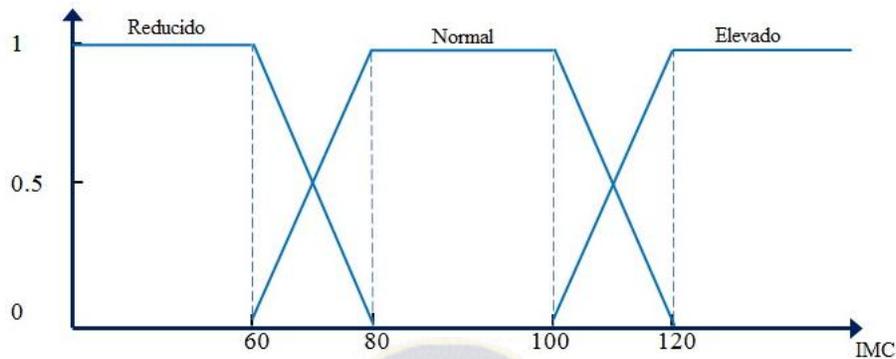


Figura 3. 11.Representación difusa de IMC

Fuente:[Elaboración propia]

Analizando el gráfico la variable x es el grado de IMC, siendo normal, déficit nutricional y sobre nutrición los últimos dos muestran que están fuera de rango normal, se usó la función trapezoidal permitiendo realizar funciones para cada uno de los valores, de la siguiente manera:

Elemento	Función de pertenencia
Reducido	$R(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x < 60 \\ \frac{80 - x}{80 - 60} & \text{si } 60 \leq x \leq 80 \\ 0 & \text{si } x > 80 \end{cases}$
Normal	$N(x) = \begin{cases} \frac{x - 60}{80 - 60} & \text{si } 80 \leq x \leq 100 \\ \frac{120 - x}{120 - 100} & \text{si } 100 < x \leq 120 \\ 0 & \text{si } x \geq 120 \end{cases}$
Elevado	$E(x) = \begin{cases} \frac{x - 100}{120 - 100} & \text{si } 100 \leq x \leq 120 \\ 1 & \text{si } x > 120 \\ 0 & \text{si } x < 100 \end{cases}$

Tabla 3. 11Función de pertenencia para la variable IMC

Fuente:[Elaboración propia]

- **Estado Anímico**

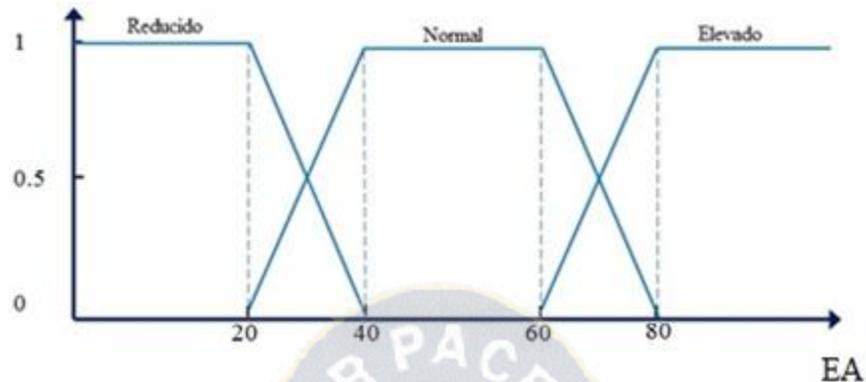


Figura 3. 12.Representación difusa del estado anímico

Fuente:[Elaboración propia]

El grado de pertenencia de la variable se muestra en las siguientes funciones:

Elemento	Función de pertenencia
Reducido	$R(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x < 20 \\ \frac{40 - x}{40 - 20} & \text{si } 20 \leq x \leq 40 \\ 0 & \text{si } x > 40 \end{cases}$
Normal	$N(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } 40 \leq x \leq 60 \\ \frac{x - 20}{40 - 20} & \text{si } 20 \leq x \leq 40 \\ \frac{80 - x}{80 - 60} & \text{si } 60 < x \leq 80 \\ 0 & \text{si } x \geq 80 \end{cases}$
Elevado	$E(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x > 80 \\ \frac{x - 60}{80 - 60} & \text{si } 60 \leq x \leq 80 \\ 0 & \text{si } x < 60 \end{cases}$

Tabla 3. 12Función de pertenencia para la variable EA

Fuente:[Elaboración propia]

- **Ingesta de Grupos Alimenticios:** Se encontró los conjuntos difusos, en los cuales se puedan mostrar la ingesta de grupos alimenticios son:

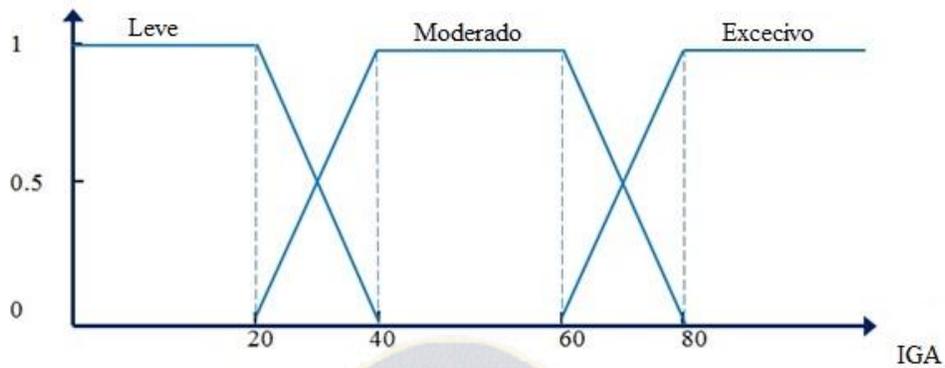


Figura 3. 13. Representación difusa del IGA

Fuente:[Elaboración propia]

El grado de pertenencia de la variable se muestra en las siguientes funciones.

Elemento	Función de pertenencia
Leve	$L(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x < 20 \\ \frac{40 - x}{40 - 20} & \text{si } 20 \leq x \leq 40 \\ 0 & \text{si } x > 40 \end{cases}$
Moderado	$M(x) = \begin{cases} \frac{x - 20}{40 - 20} & \text{si } 20 \leq x \leq 40 \\ \frac{80 - x}{80 - 60} & \text{si } 40 < x < 80 \\ 0 & \text{si } x \geq 80 \end{cases}$
Excecivo	$E(x) = \begin{cases} \frac{x - 60}{80 - 60} & \text{si } 60 \leq x \leq 80 \\ 1 & \text{si } x > 80 \\ 0 & \text{si } x < 60 \end{cases}$

Tabla 3. 13.Función de pertenencia para la variable IGA

Fuente:[Elaboración propia]

- **Nivel de actividad**

Los conjuntos difusos del variable nivel de actividad son:

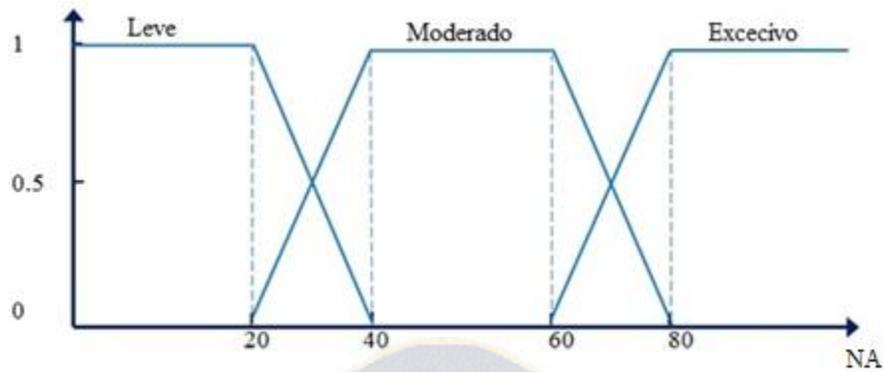


Figura 3. 14.Representación difusa del Nivel de actividad

Fuente:[Elaboración propia]

El grado de pertenencia de la variable se muestra en las siguientes funciones.

Elemento	Función de pertenencia
Leve	$L(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x < 20 \\ \frac{40 - x}{40 - 20} & \text{si } 20 \leq x \leq 40 \\ 0 & \text{si } x > 40 \end{cases}$
Moderado	$M(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } 40 \leq x \leq 60 \\ \frac{x - 20}{40 - 20} & \text{si } 20 \leq x \leq 40 \\ \frac{80 - x}{80 - 60} & \text{si } 60 < x \leq 80 \\ 0 & \text{si } x \geq 80 \end{cases}$
Excecivo	$E(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x > 80 \\ \frac{x - 60}{80 - 60} & \text{si } 60 \leq x \leq 80 \\ 0 & \text{si } x < 60 \end{cases}$

Tabla 3. 14Función de pertenencia para la variable NA

Fuente:[Elaboración propia]

Ahora bien una vez definido los elementos para cada variable difusa, se realiza criterios de clasificación para representar la variable de salida del Sistema Inteligente, el cual

presentacinco subconjuntos difusos los cuales son: Adelgazamiento, Bajo peso (BP), Normal, Sobrepeso (SP), Obesidad, distribuidos según a los percentiles correspondientes a su edad dichos rangos se obtuvieron según datos de la OMS ver anexos.

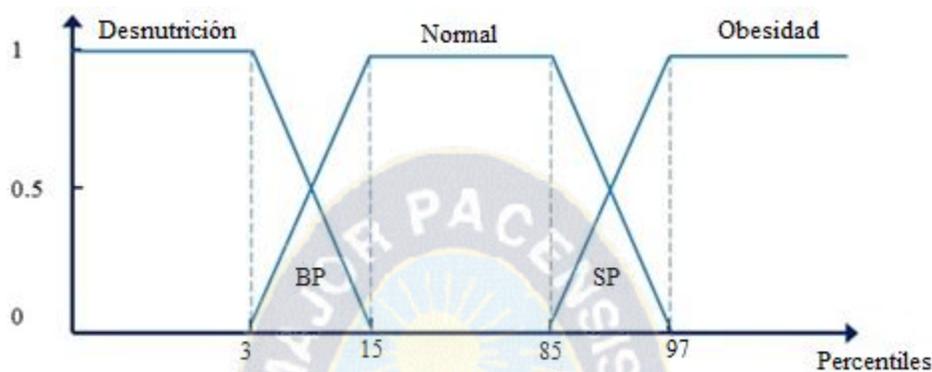


Figura 3. 15.Representación difusa Percentiles

Fuente:[Elaboración propia]

Desnutrición (Reducido)		Normal		Obesidad (Elevado)	
$R(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x < 3 \\ \frac{15-x}{15-3} & \text{si } 3 \leq x \leq 15 \\ 0 & \text{si } x > 15 \end{cases}$	$N(x) = \begin{cases} \frac{x-3}{15-3} & \text{si } 3 \leq x \leq 15 \\ \frac{97-x}{97-85} & \text{si } 85 < x \leq 97 \\ 0 & \text{si } x > 97 \end{cases}$	$E(x) = \begin{cases} \frac{x-85}{97-85} & \text{si } 85 \leq x \leq 97 \\ 0 & \text{si } x < 85 \end{cases}$			

Tabla 3. 15Función de pertenencia de los Percentiles

Fuente:[Elaboración propia]

3.5.3. DESARROLLO DE REGLAS ACTUACIÓN

Para representar el conocimiento se hará uso de reglas de actuación “Si condición **Entonces** acción”, de forma que representen el razonamiento de agente nutricional.Relacionando dos o más afirmaciones para realizar las acciones correspondientes.

De tal forma que las reglas de actuación resolverán las consultas, la cual es ingresada por el usuario, tomando como base el conocimiento para los procesos de inferencia y así, dar una respuesta satisfactoria para lograr determinar el estado nutricional de un niño o niña “X”, con una edad $Y \in (1 \leq x \leq 5)$ [años]. Las reglas principales se muestran a continuación:

Regla 1:

Si X edad = Y años and es de sexo = “femenino” and Crecimiento lento = “si” and Debilidad corporal=“si” and Dificultad de concentración=“si” and Nivel de actividad =”moderado” and Estado anímico = “reducido” and IMC = “reducido” and Perímetro cefálico = “normal”.

Entonces X presenta “Desnutrición”.

Regla 2:

Si X edad = Y años and es de sexo = “masculino” and Perímetro cefálico = “normal” and Problemas digestivos = “si” and Nivel actividad = “leve” and Estado anímico = “elevado” IMC = “elevado”.

Entonces X presenta “Obesidad”.

Regla 3

Si X edad = Y años and es de sexo = “masculino” and Crecimiento lento = “no” and Debilidad corporal=“si” and Dificultad de concentración=“si” and Nivel de actividad =”excesivo” and Estado anímico = “reducido” and IMC = “reducido” and Perímetro cefálico = “normal”.

Entonces X presenta “Bajo peso”.

Regla 4

Si X edad = Y años and es de sexo = “femenino” and perímetro cefálico = “caso especial” and crecimiento lento = “si” and Debilidad corporal=“no” and Dificultad de concentración=“si” and estado anímico=”reducido” and IMC = “normal” and Req 1 = “leve” and Req 2 = “moderado” and Req 3 = “leve” and Req 4 = “leve” and Req 5 = “nunca”.

Entonces X debe realizarse exámenes clínicos.

Regla 5

Si X edad = Y años and es de sexo = “masculino” and perímetro cefálico = “normal” and Crecimiento lento = “no” and Debilidad corporal=“no” and Dificultad de concentración=“no” and Nivel de actividad =”moderado” and Estado anímico = “normal” and IMC = “normal”.

Entonces X presenta un estado nutricional “Normal”.

Regla 6

Si X tiene “Desnutrición” and nivel de actividad = “moderada” and pérdida de peso= “si” and Req 1 = “moderado” and Req 2 = “leve” and Req 3 = “leve” and Req 4 = “moderado” and Req 5 = “leve”.

Entonces X debe “consumir alimentos ricos en energía, proteínas como la leche y cereales”.

Regla 7

Si X tiene “Obesidad” and falta de concentración = “si” and Req 1 = “excesivo” and Req 2 = “leve” and Req 3 = “excesivo” and Req 4 = “leve” and Req 5 = “nunca”.

Entonces X debe “consumir alimentos verduras, frutas, debe consumir menos grasas y azúcares”.

Regla 8

Si X tiene “Bajo peso” and IMC = “reducido” and Req 1 = “leve” and Req 2 = “nunca” and Req 3 = “leve” and Req 4 = “leve” and Req 5 = “moderado”.

Entonces X debe “consumir alimentos ricos en proteínas como verduras, frutas”.

Regla 9

Si X es “Normal” and IMC = “Bajo peso” and Req 1 = “moderado” and Req 2 = “excesivo” and Req 3 = “leve” and Req 4 = “moderado” and Req 5 = “excesivo”.

Entonces X debe “consumir alimentos más ricos en hierro y calcio como la leche o derivados tres veces al día”.

Ahora bien para realizar el proceso de inferencia se transformaron las variables lingüísticas difusas de entrada tiene una representación en forma de valores lingüísticos y cada valor es definido por un conjunto difuso, permitiendo representar el conocimiento y desarrollar las respectivas reglas de actuación del agente nutricional. Para luego inferir un resultado a través de la interpretación de las reglas.

3.6. MODELADO DEL PROTOTIPO

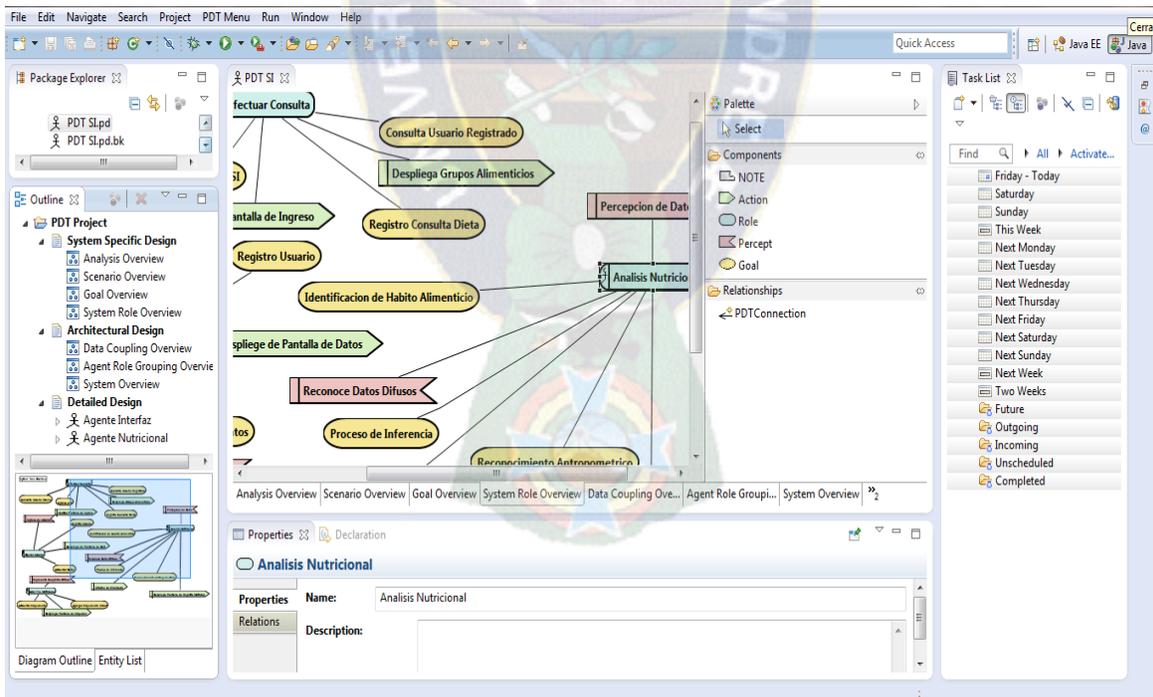


Figura 3. 16.Modelado del SIDEN

Fuente:[Elaboración propia]

3.7. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

Se muestra el prototipo del Sistema Inteligente para determinar el estado nutricional en niños(as), el mismo es un interfaz de usuario el cual permite la interacción del usuario con el SIDEN, de tal forma que obtiene la información necesaria para luego inferir un resultado.

La siguiente figura muestra el inicio de la sesión, de manera que el usuario debe ingresar su nombre de usuario y contraseña, para poder realizar un control nutricional.



Figura 3. 17.Ingreso al SIDEN

Fuente: [Elaboración propia]

Si es la primera vez que se ingresa al SIDEN, se procede a registrar los datos necesarios, este proceso realiza un control más personalizado sobre la consulta nutricional.

REGISTRO DE DATOS PERSONALES

Nombre :	<input type="text" value="Rosario Yamila"/>	Usuario :	<input type="text" value="avi"/>
Primer Apellido :	<input type="text" value="Bernal"/>	Password :	<input type="password" value="*****"/>
Segundo Apellido :	<input type="text" value="Romero"/>		
F. Nacimiento :	<input type="text" value="02-06-10"/>		
Edad :	<input type="text" value="3"/>		
Genero :	<input type="text" value="F"/>		

Figura 3. 18.Registro de datos del niño(a)

Fuente: [Elaboración propia]

Después de registrarse se empieza con la consulta nutricional, se despliega la pantalla de bienvenida al usuario, en ella se muestran dos pestañas una de inicio para la consulta, y la otra pestaña brinda información sobre nutrición.

Inicio | **Informacion**

BIENVENIDO
SISTEMA INTELIGENTE
PARA DETERMINAR EL ESTADO
NUTRCIONAL
SIDEN

Unuario: avi
Nombre: Rosario Yamila Bernal Romero

Figura 3. 19.Pantalla principal del SIDEN

Fuente: [Elaboración propia]

Una vez ingresado se inicia la consulta nutricional, se direccionara al módulo de datos antropométricos, la percepción de estos datos son la base para realizar la evaluación.

DATOS ANTROPOMETRICOS

Usuario: avi
Nombre: Rosario Yamila Bernal Romero

Introducir los siguientes datos:

PESO 15.7
TALLA 95.3
EDAD 3
Perimetro Cefalico 48
SEXO F

Datos con instrumentos especiales:

Atras Continuar

Figura 3. 20.Obtención de datos antropométricos

Fuente: [Elaboración propia]

Luego se procede a realizar la evolución sobre los síntomas que presenta el infante.

SINTOMAS

Seleccionar los síntomas que presenta el niño(a):

Debilidad corporal
Problemas Digestivos
Dificultad de Concentracion
Fragilidad de uñas
Actividad Fsica Leve Moderado Excesivo
Estado Animico Reducido Normal Elevado

Atras Continuar

Figura 3. 21.Selección de síntomas

Fuente: [Elaboración propia]

El siguiente modulo realiza un test sobre la frecuencia de los grupos alimenticios, en este punto es donde el usuario ingresa el grado de consumo alimenticio.



Figura 3. 22.Selección de ingesta de grupos alimenticios

Fuente: [Elaboración propia]

Luego como siguiente paso se despliega una pantalla de resultado, en el cual se muestra el estado nutricional de niño al igual que la alimentación que debería ingerir.



Figura 3. 23.Recomienda la alimentación que debe seguir

Fuente: [Elaboración propia]

En la Figura 3.24 se muestra el resultado del estado nutricional de primer caso, obteniendo su estado nutricional y la ingesta que debe consumir. De forma similar se hizo prueba con otros datos obteniendo como resultado del caso 2 en la Figura 3.25



Figura 3. 24.Estado Nutricional del niño(a) caso 1

Fuente: [Elaboración propia]



Figura 3. 25.Estado Nutricional del niño(a) caso 2

Fuente: [Elaboración propia]

CAPITULO IV

PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

En el presente capítulo se realiza la evaluación de la hipótesis planteada en la investigación, la cual indica:

H_1 : El uso de Lógica Difusa permite al Sistema Inteligente determinar el estado nutricional en los niños menores a 5 años con un nivel de confiabilidad del 90%.

Por lo cual se identificó las siguientes variables que serán evaluadas en este apartado:

Variable Independiente: El Sistema Inteligente.

Variable Dependiente: Determinar el Estado Nutricional con una confiabilidad del 90%.

Variable Interviniente: La lógica difusa.

4.1.1. CONTRASTE DE RACHAS DE WALD - WOLFOWITZ

Se considera una población de niños(as) asociada a una variable aleatoria x , la cual solo puede ser representado por dos posibles valores, como ser éxito(A) y fracaso (B).

Sea H_0 y H_1 considerados de la siguiente forma:

- H_0 : La muestra es aleatoria.
- H_1 : La muestra no es aleatoria.

Donde una muestra de tamaño n está compuesta por n_1 elementos de tipo A y n_2 elementos de tipo B, siendo la muestra total $n = n_1 + n_2$.

Sea la variable aleatoria R: Número total de rachas observadas en la muestra.

Para una muestra grande y considerando H_0 es decir, se tiene una muestra aleatoria cuya distribución de probabilidad de R tiende hacia la normal a medida que n_1 y n_2 se van haciendo grandes cada vez más grandes.

Dicha aproximación es bastante buena si $n_1 > 10$ y $n_2 > 10$ de forma que se evalúan las siguientes formulas estadísticas:

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

Esperanza $E[R] = \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1$

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

Para muestras grandes se verifica lo siguiente:

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

De forma similar para una muestra correcta el valor del estadístico Z será:

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

El siguiente intervalo muestra la región de aceptación para la hipótesis:

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

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

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

4.1.2. ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis por medio de contraste de rachas de Wald-Wolfowitz se sigue los siguientes pasos:

- **Paso 1:** Planteamiento de la nula

Hi: El uso de Lógica Difusa permite al Sistema Inteligente determinar el estado nutricional en los niños menores a 5 años con un nivel de confiabilidad del 90%.

- **Paso 2:** Selección del nivel de confianza

El nivel de confianza o significación que se obtiene para 90% es $\alpha = 0,05$ elegida de la tabla de la normal.

- **Paso 3:** Identificación del estadístico de prueba

Se utiliza la prueba de rachas (Wald-Wolfowitz), el cual utiliza los signos de los siguientes residuos y sus variaciones de negativos y positivos o viceversa. Una racha está conformada por una sucesión de signos iguales.

- **Paso 4:** Formulación de la regla de decisión

Se toman 14 casos de consulta para determinar el estado nutricional en niños menores a 5 años, luego se realiza la comparación de resultados entre el especialista nutricional y el

Sistema Inteligente. Por tanto siguiente tabla muestra los resultados de la comparación, una vez observado los resultados se analizará la aceptación por rachas.

Nro. Caso	Evaluación Nutricional del Especialista nutricional	Evaluación Nutricional del Sistema Inteligente SIDEN	Aceptación por Rachas
1	Estado Nutricional: Normal	Estado Nutricional: Normal	+
2	Estado Nutricional: Elevado	Estado Nutricional: Elevado	+
3	Estado Nutricional: Reducido	Estado Nutricional: Reducido	+
4	Estado Nutricional: Reducido	Estado Nutricional: Normal	-
5	Estado Nutricional: Elevado	Estado Nutricional: Normal	-
6	Estado Nutricional: Reducido	Estado Nutricional: Reducido	+
7	Estado Nutricional: Normal	Estado Nutricional: Normal	+
8	Estado Nutricional: Elevado	Estado Nutricional: Elevado	+
9	Estado Nutricional: Elevado	Estado Nutricional: Elevado	+
10	Estado Nutricional: Normal	Estado Nutricional: Reducido	-
11	Estado Nutricional: Normal	Estado Nutricional: Normal	+
12	Estado Nutricional: Normal	Estado Nutricional: Normal	+
13	Estado Nutricional: Elevado	Estado Nutricional: Elevado	+
14	Estado Nutricional: Normal	Estado Nutricional: Normal	+

Tabla 4. 1. Resultados del Nutricionista y SIDEN

Fuente: [Elaboración propia]

Luego de realizar la comparación se obtuvo los siguientes resultados:

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

Donde,

- (+) Representa los casos en los que coincide el resultado generado por el SIDEN y el especialista en nutrición.
- (-) Representa los casos en los que no llego a coincidir el resultado generado por el SISEN y el especialista en nutrición.

Una racha está conformada por la sucesión de signos iguales, de manera que se tiene lo siguiente:

Total de Rachas expuestas. $R_{exp}=5$

Número total de observaciones. $N = 14$

Numero de residuos positivos. $n_1 = 11$

Numero de residuos negativos. $n_2 = 3$

Después de haber obtenido los anteriores valores se calcula la Esperanza y la Varianza;

$$E[R] = \frac{2n_1n_2}{n_1 + n_2} + 1 = \frac{2(11)(3)}{(11) + (3)} + 1 = \frac{66}{14} + 1 = 5,71$$

$$Var[R] = \frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2(n_1 + n_2 - 1)} = \frac{2(11)(3)(52)}{(11 + 3)^2(11 + 3 - 1)} = \frac{3432}{2548} = 1,35$$

- **Paso 5:** Toma de decisión

Para una muestra en particular se determina el valor estadístico Z_{exp} :

$$Z = \frac{R - E[R]}{\sqrt{Var[R]}} + 1 = \frac{5 - 5,71}{\sqrt{1,35}} + 1 = 0,39$$

Para calcular la región de aceptación de la hipótesis es necesario hallar el valor de $Z_{\alpha/2}$, el cual se halla mediante la tabla de la $N < 0,1 >$, el proceso es el siguiente:

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

$$P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2} \rightarrow 1 - P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = 0,025$$

$$\rightarrow P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = 1 - 0,025$$

$$\rightarrow P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = 0,975$$

$$\rightarrow Z_{\alpha/2} = 1,96$$

$$P(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2} \rightarrow P(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = 0,025 \rightarrow Z_{\alpha/2} = 1,96$$

La región de aceptación para la hipótesis es:

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

$$-1,96 < 0,39 < 1,96$$

Como el valor estadístico 0,39 se encuentra dentro del intervalo de aceptación de la hipótesis, se concluye la aceptación de la hipótesis afirmando H_1 , por tanto se prueba la presente investigación es válida, mostrando que los datos de la muestra son aleatorios.

4.1.3. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

Para medir el nivel de confiabilidad en un determinado tiempo del Sistema Inteligente utiliza la función exponencial, basándose en la siguiente escala.

- 80%-100% si es muy satisfactorio
- 51%-79% si es satisfactorio
- 10%-50% no cumple con los requerimientos

se comienza en instante $t_0=0$ y se observa hasta que ocurra un error, la duración se denomina $T=\{t_0, t_1, t_2, \dots, t_n\}$, la cual es una variable aleatoria continua. Entonces la probabilidad de error del SI en un tiempo t es:

$P[T \leq t] = F(t)$, donde $F(t)$ es una función de distribución de la variable aleatoria T , por lo tanto la probabilidad de que no ocurra un error en el Sistema en un tiempo t es:

$$R(t) = P[T \leq t] = 1 - F(t)$$

Ya que T es una variable aleatoria exponencial se tiene la función de distribución, $R(t) = 1 - e^{-\gamma t}$ donde, γ : es el promedio de respuestas acertadas y t : es el tiempo que trabaja en Sistema Inteligente. Por lo que la función de probabilidad se plasma de la siguiente forma:

$$R(t) = P[T \leq 4] = 1 - e^{-\left(\frac{12}{14}\right)4} = 1 - e^{-3,71} = 1 - 0,025 = 0,97$$

Se observa que los resultados aportados por el Sistema Inteligente son confiables en un 97% encontrándose dentro de un parámetro elevado. Concluyendo así que es Sistema Inteligente es confiable.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el Sistema Inteligente ayuda a determinar el estado nutricional de niños (as) menor a 5 años, puesto que al haber realizado el análisis de confiabilidad se pudo constatar que confiable, demostrando así la hipótesis.

Con ayuda de un paradigma de Inteligencia Artificial la lógica difusa, se hizo posible la obtención de grados de certeza, brindando formas de representar y manejar información con incertidumbre, los cuales conforman parte de la base de conocimiento. Permitiendo al Sistema Inteligente tener una facilidad de interpretación para que pueda efectuar acciones, realizando así los procesos necesarios para determinar el estado nutricional del niño(a).

La metodología Prometheus ayudo de gran manera al modelado del Sistema Inteligente, realizando la especificación del sistema, el diseño arquitectónico y el diseño detalle. La metodología hace uso de un agente inteligente, el cual actúa como asistente de ayuda para el usuario y se representara el conocimiento con ayuda de la lógica difusa.

La utilización de agentes inteligentes sirvió para describir de forma detallada el modelado del Sistema Inteligente, permitiendo cumplir con las fases de la metodología Prometheus.

Luego de todo lo mencionado en el trabajo de investigación, si puede concluir que el Sistema Inteligente proporciona resultados confiables 97%, debido a la combinación de la técnica y metodología usada.

5.2. RECOMENDACIONES

Para finalizar con el trabajo se realizaron las siguientes recomendaciones para investigaciones futuras:

- ✓ En el presente trabajo se contempló como población de estudio a niños menores a 5 años edades, por lo que se recomienda abarcar las distintas etapas crecimiento del niño(a) hasta la edad adulta. También se considera estudiar el estado nutricional de las mujeres embarazadas.
- ✓ Se recomienda insertar un módulo que calcule las Kcal que tiene cada alimento, para seguir un control estricto de lo que se consume.
- ✓ Considerar implementar un módulo para determinar las enfermedades que podrían padecer una persona, con respecto a la clase de alimentos que consume.
- ✓ Sería interesante implementar un cálculo de predicciones futuras del estado nutricional, basándose en la ingesta alimenticia que tiene actualmente el individuo.

Con todo lo mencionado el Sistema Inteligente tendrá un dominio más grande, ampliando así el conocimiento.

Para realizar un Sistema Inteligente se recomienda usar la metodología Prometheus, ya que es completa y guía paso a paso lo que se debe hacer.

Se recomienda usar otras técnicas de la Inteligencia Artificial para la representación del conocimiento se recomienda hacer uso de una aproximación conexionista, el cual trata de modelar la inteligencia del cerebro humano mediante redes neuronales.

BIBLIOGRAFÍA

- [Andrade, 2012] Andrade, I. R. (2012). Nutricion y Salud. Cochabamba: FARO [189 Pag].
- [Agentcities, 2006] Agentcities. (Abril de 2006). Igenieria de Software Orientado a Agentes [en linea]. [Consulta: 15 de Mayo de 2013], [Disponible en: <http://eia.udg.es/blopez/escuela06/info/AOSE.pdf>].
- [Brenner, 2009] W. Brenner, R. Z. (2009). Intelligent Software Agents.Springer Verlag.
- [Bonillo, Rey & Pereira, 2011] Bonillo, V. M., Rey, E. M., & Pereira, E. H. (2011). Universidad Coruña Departamento de Computacion. Validacion y Usabilidad de Sistemas Inteligentes [en linea]. [Consulta: 02 de Septiembre de 2013], [Disponible en: <http://www.dc.fi.udc.es/muc/sites>]
- [Costa, 2010] Costa, C. M. (2010). Valoracion del Estado Nutricional [en linea]. [Consulta: 02 de Junio de 2013], [Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org>].
- [D'Aquila, 2005] D'Aquila, R. O. (2005). Inteligencia de los Sistemas Inteligentes [en linea]. [Consulta: 05 de Junio de 2013], Academia Nacional de Ingenieria [Disponible en: <http://www.acadning.org.ar>]
- [EUFIC, 2013] EUFIC. (2013). Nutricion en niños y adolescentes[en linea]. [Consulta: 20 de Mayo de 2013], [Disponible en: <http://www.eufic.org>].
- [FIPA, 2012] FIPA. (2012). The Foundation for Intellegent Physical Agents [en linea]. [Consulta: 12 de Mayo de 2013],[Disponible en: <http://www.fipa.org>]
- [Fritz, 2011] Fritz, W. (2011). Sistemas Inteligentes [en linea]. [Consulta: 02 de Abril de 2013], [Disponible en: <http://www.intelligent-systems.com.ar>]
- [Garcia, 2011] Garcia, O. C. (18 de Marzo de 2011). Formalismos de Representacion del Conocimiento [en linea]. [Consulta: 20 de Junio de 2013], [Disponible en: <http://www.dia.fi.upm.es>]
- [GSI UPM, 2012] GSI UPM . (2012). Grupo de Sistemas Inteligentes [en linea]. [Consulta: 20 de Agosto de 2013] [Disponible en: <http://www.gsi.dit.upm.es/~gfer/ssii>]
- [Hallasi, 2010] Hallasi, R. S. (2010). Logic Fuzzy, Universidad Basadre Grohmann [en linea]. [Consulta: 14 de Febrero de 2013], [Disponible en: www.unjbg.edu]

- [Hernández, 2009] Hernández, I. A. (2009). Logica Difusa, Universidad de las Ciencias Informáticas. Ciudad de la Habana. Cuba.
- [INEI, 2013] INEI. (29 de Abril de 2013). Endes [en línea]. [Consulta: 18 de Mayo de 2013], [Disponible en: <http://www.inei.gob>].
- [Marmol, 2004] Marmol, F. G. (04 de 03` de 2004). Sistemas Inteligentes de Ingenieria Informatica [en línea]. [Consulta: 16 de Mayo de 2013], [Disponible en: <http://ants.inf.um.es>]
- [Martinsanz & Matilde, 2009] Martinsanz, G. P., & Matilde, S. P. (2009). Inteligencia Artificial e Ingenieria del Conocimiento. Mexico: Alfaomega.
- [Montero, 2007] Montero, D. C. (2007). Tecnologia de Agentes Inteligentes y la Metodologia Prometheus[en línea]. [Consulta: 08 de Junio de 2013], [Disponible en: <http://catarina.udlap.mx>].
- [Norvig, 2004] Norvig, S. J. (2004). Inteligencia Artificial Un Enfoque Moderno. Pearson Prentice Hall.
- [Padgham, 2004] Padgham, L. (Abril de 2004). The Prometheus Methodology. RMIT.
- [Prometheus, 2012] Prometheus. (2012). RMIT University Intelligent Systems (IS) [en línea]. [Consulta: 03 de Abril de 2013], [Disponible en: <http://www.cs.rmit.edu.au>]
- [Roman, 2008] Roman, J. V. (2008). Sistemas Basados en Conocimiento [en línea]. [Consulta: 15 de Abril de 3013], [Disponible en: <http://www.it.uc3m.es>]
- [SIS, 2013]. Sistemas Inteligentes y Sociedades. (9 de Marzo de 2013) [en línea]. [Consulta: 03 de Marzo de 3013], [Disponible en: <http://www.intelligent-systems.com.ar>]
- [Silva, 2005] Silva, T. A. (Julio de 2005). Sistemas Inteligentes [en línea]. [Consulta: 03 de Julio de 2013],[Disponible en: <http://www.gestiopolis.com>]
- [Soler, 2010] Soler, L. C. (09 de Octubre de 2010). Representacion de Conocimiento Inteligencia Artificial de Universidad Nacional de Colombia [en línea]. [Consulta: 05 de Julio de 2013], [Disponible en: <http://disi.unal.edu.co/~lctorress/>]
- [UNICEF, 2010] UNICEF. (12 de Febrero de 2010). Alimentacion y Nutricion de un Niño Pequeño[en línea]. [Consulta: 15 de Mayo de 2013], [Disponible en: <http://www.unicef.org/>].

ANEXOS

ANEXO A

GLOSARIO

Base de conocimiento: es un componente del sistema inteligente que almacena un determinado conocimiento en un dominio en específico.

Inferencia: es la acción y efecto de inferir, deducir algo, sacar consecuencia de otra cosa, para conducir a un resultado.

Hechos: son afirmaciones que sirven para representar conceptos, datos, objetos, etc. Permitiendo describir lo que ocurre como las acciones.

Razonamiento: es la representación del conocimiento y la aplicación de algún modelo que permita realizar inferencia sobre el mismo, utiliza un conocimiento declarativo e inferencial.

Modelo Cognitivo: Es una representación de un determinado aspecto de la realidad, con el modelo se intenta reproducir las propiedades más importantes del sistema original.

Símbolo: es un número o cadena de caracteres que representa un objeto o una idea.

Agente inteligente: es una entidad que percibe y actúa sobre un entorno de forma razonada, es un componente de software o hardware situado en un determinado entorno, capaz de actuar de forma autónoma y razona en dicho entorno para completar tareas de parte del usuario.

Sentido: es aquella parte de un sistema que puede recibir comunicaciones desde el entorno.

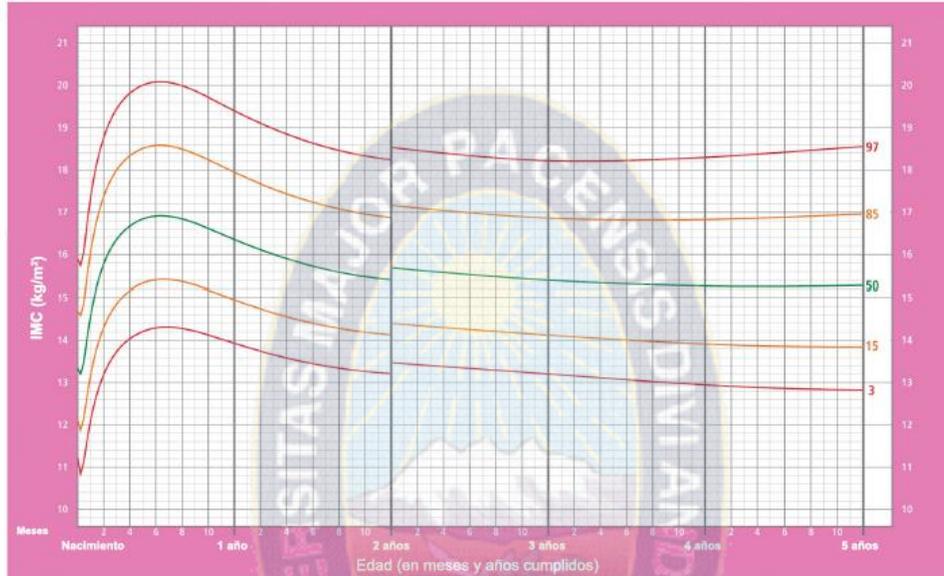
Percepción: la percepción es la obtención de información mediante su entorno, permite al Sistema Inteligente obtener conocimiento.

ANEXO B

PATRONES DE CRECIMIENTO INFANTIL - OMS

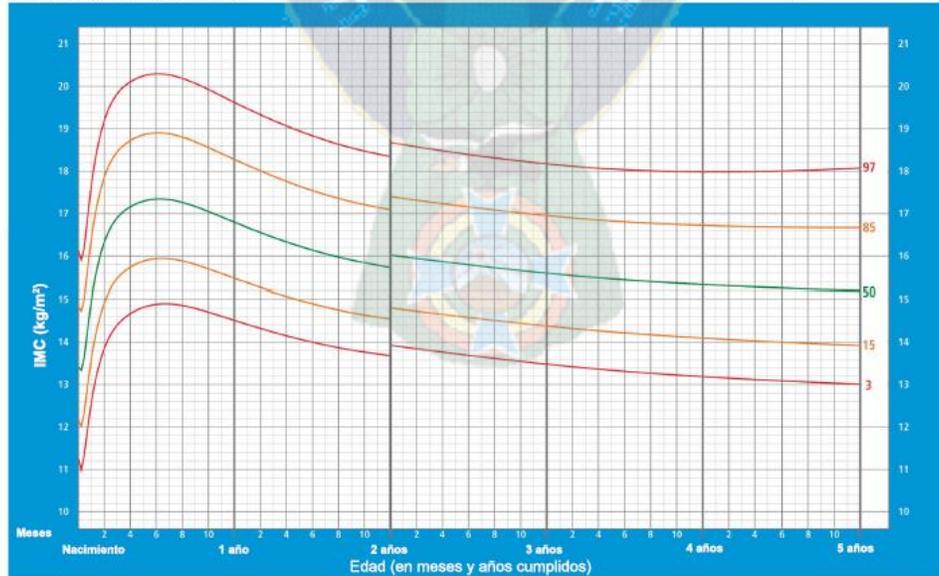
IMC para la edad Niñas

Percentiles (Nacimiento a 5 años)



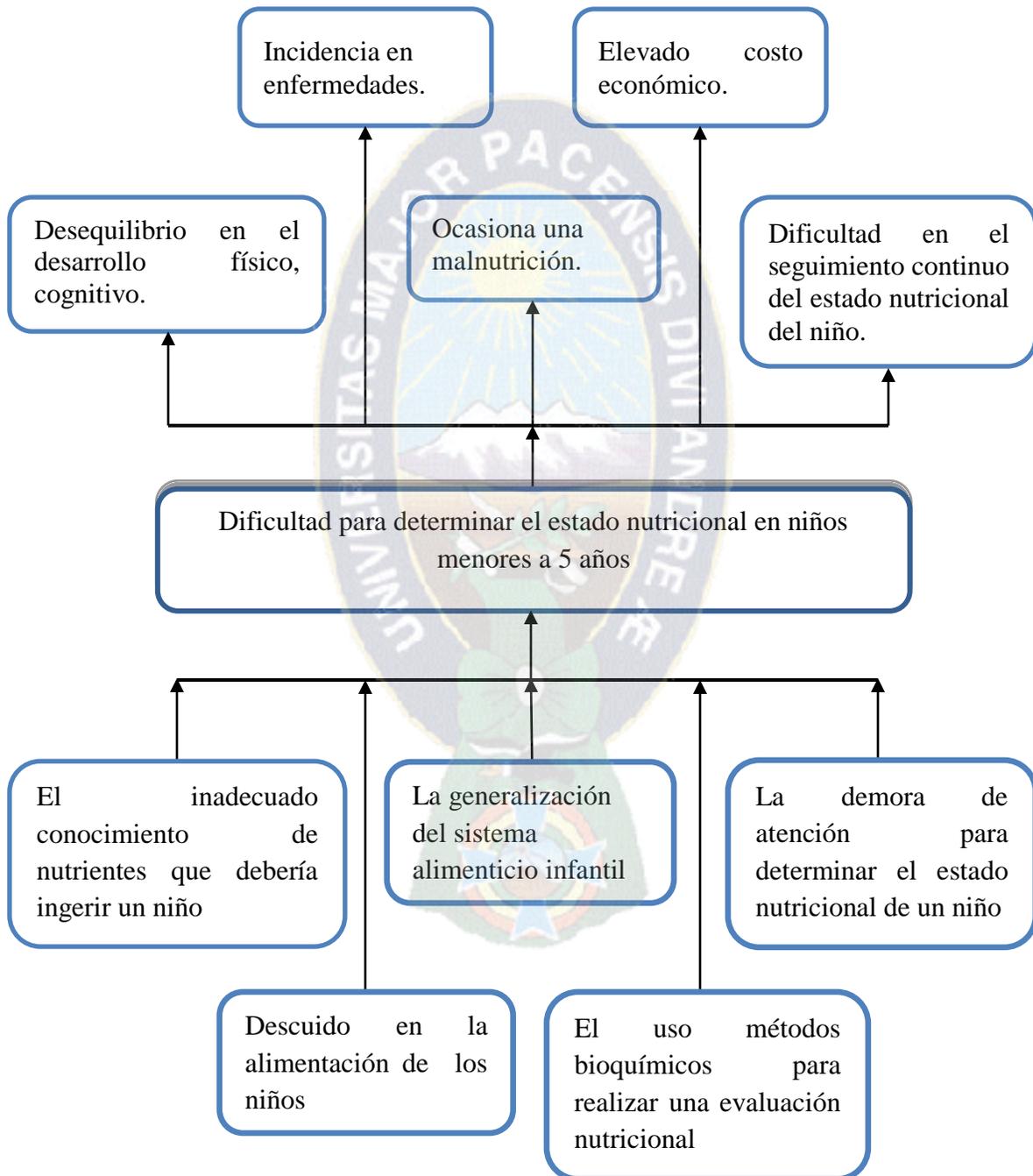
IMC para la edad Niños

Percentiles (Nacimiento a 5 años)



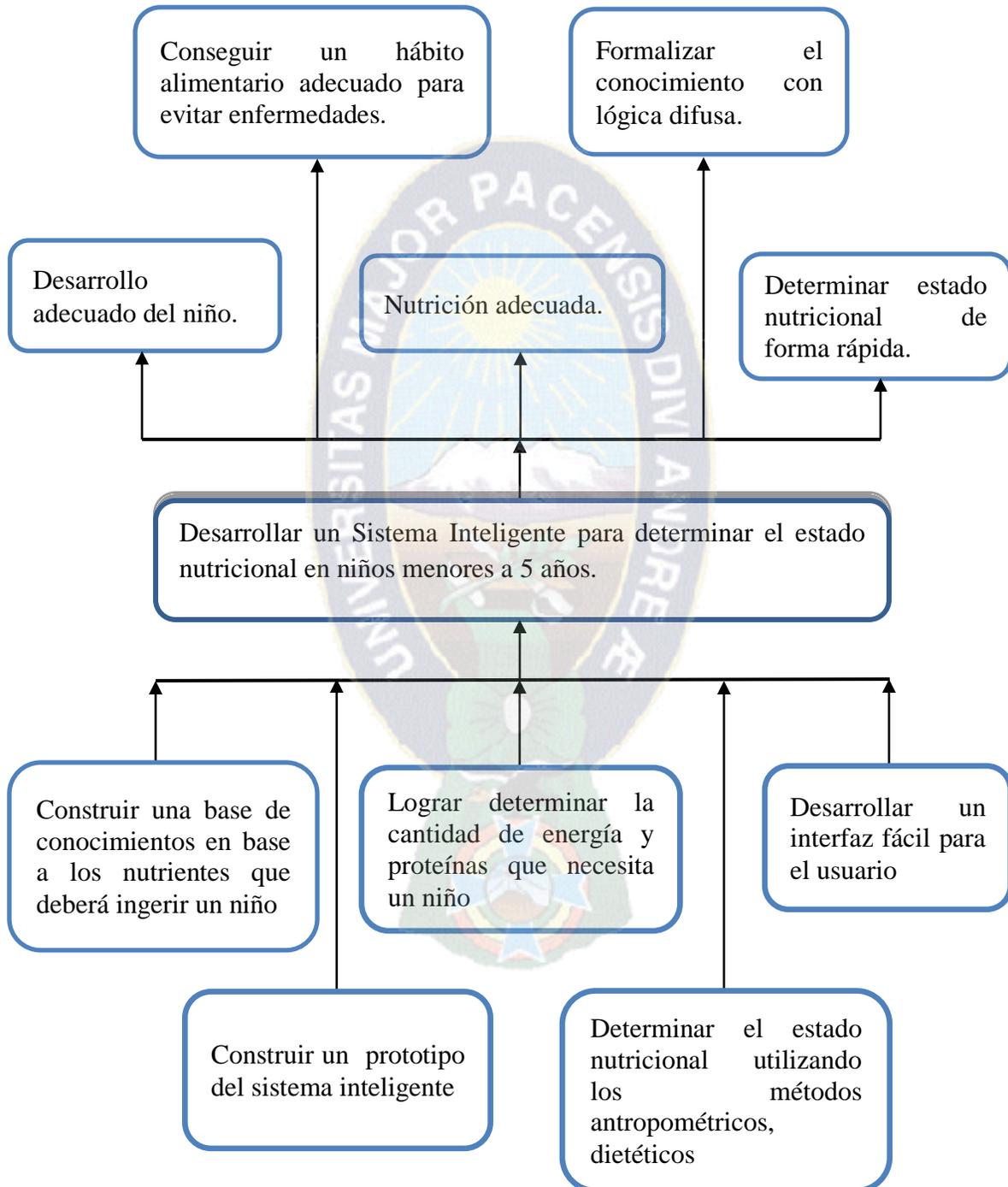
ANEXO C

ÁRBOL DE PROBLEMAS



ANEXO D

ÁRBOL DE OBJETIVOS



ANEXO E

MARCO LÓGICO

	Resumen Narrativo	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
F I N	Determinar el estado nutricional de los niños menores a 5 años con ayuda de un sistema inteligente, lo cual permitirá contribuir al desarrollo tecnológico del país.	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación del sistema inteligente, el cual determine el estado nutricional de un niño con una confiabilidad del 90%. - Evaluación del sistema inteligente en centros de salud. 	<ul style="list-style-type: none"> - Informe de resultados realizados por nutricionistas, centros de salud. - Encuestas a las personas que hagan uso del prototipo. 	
P R O P O S I T O	Desarrollar un sistema inteligente que determine el estado nutricional de un niño y recomiende los nutrientes que debe ingerir.	Prototipo del sistema inteligente que determine el estado nutricional en niños menores a 5 años, con una confiabilidad del 90%, concluido en diciembre 2013.	<ul style="list-style-type: none"> - Informes realizados por el tutor y revisor. - Presentación y aprobación de la documentación al revisor y tutor. - Pruebas del Prototipo del Sistema inteligente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existen estudios anteriores para determinar el estado nutricional. - Existen Investigación de sistemas inteligentes. - Existen información sobre las metodologías de desarrollo de sistema inteligente.
P R O D U C T O	<ul style="list-style-type: none"> - Base de Conocimiento del sistema inteligente. - Prototipo del sistema inteligente que determine el estado nutricional en niños menores a 5 años. 	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación de nutrientes para cada edad en un niño. - Identificación de nivel nutricional. - Implementación de las fases para el desarrollo del sistema inteligente en un 90% - Prototipo de simulación aprobado al 100% a Diciembre 2013. 	<ul style="list-style-type: none"> - Documentación del trabajo de investigación. - Resultados de las pruebas de hipótesis. - Resultados de pruebas del prototipo. - Informes de seguimiento de investigación, hecho por el revisor y tutor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existen datos estadísticos sobre la nutrición en niños menores a 5 años. - Existen métodos de evaluación nutricionales confiables.
A C T I V I D A D E S	<ul style="list-style-type: none"> - Investigar y recopilar información sobre la nutrición en los niños. - Identificar los indicadores para la evaluación nutricional. - Análisis de los métodos de evaluaciones nutricionales. - Investigar sobre los sistemas inteligentes. - Investigar la metodología prometheus para el desarrollo de sistema inteligente. - Investigar lógica difusa. - Definir los datos de entrada para el modelo. - Definir la funcionalidad del sistema. - Diseño del modelo. - Implementación del prototipo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lectura de libros, revistas, artículos e internet sobre la nutrición en niños por 5 semanas. - Lectura de libros, revistas, artículos e internet sobre los métodos de evaluación nutricional por 2 semanas. - Lectura y estudio de libros, revistas, artículos e internet sobre los nutrientes que debe ingerir un niño de acuerdo a su estado nutricional por 3 semanas. - Estudio de libros, artículos e internet sobre la metodología prometheus por 3 semanas. - Identificación de datos y funcionalidad por 2 semanas. - Estudio del lenguaje de programación para el diseño y implementación del prototipo por 7 semanas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Documento del trabajo final de tesis. - Informe sobre el estado nutricional. - Informe de avance otorgado por el revisor y/o tutor. - La implementación de un prototipo no tendrá un costo monetario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso a la información necesaria para la realización del trabajo de tesis. - Disponibilidad de información en internet. - Existencia de equipos de computación disponible. - Disposición de bibliografía necesaria.