

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



TESIS DE GRADO

**“SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO Y
TRATAMIENTO DE UN CUADRO CLÍNICO DE ANEMIA
EN EL PERÍODO DE GESTACIÓN, EN BASE A LA LÓGICA
DIFUSA”**

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

POR: GABY LUZ SIRPA MAMANI

TUTOR: M.Sc. ALDO RAMIRO VALDEZ ALVARADO

LA PAZ – BOLIVIA
2021

HOJA DE CALIFICACIONES

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

TESIS DE GRADO

**“SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE UN
CUADRO CLÍNICO DE ANEMIA EN EL PERÍODO DE GESTACIÓN, EN BASE
A LA LÓGICA DIFUSA”**

Presentado por: Gaby Luz Sirpa Mamani

Para optar al título de licenciatura en informática

Mención: ingeniería de sistemas informáticos

Nota Numeral:

Nota Literal:

Ha sido:

Director de la Carrera de Informática Ph. D. José María Tapia Baltazar

Tutor : M.Sc. Aldo Ramiro Valdez Alvarado

Tribunal:

Tribunal:

Tribunal:



**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.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Mayor de San Andrés, y en especial a la carrera de Informática, quienes están empeñados en la formación de profesionales idóneos.

A mi Tutor Metodológico M.Sc. Aldo Ramiro Valdez Alvarado por su colaboración y voluntad brindando su conocimiento, experiencia y sobre todo el tiempo necesario para la conclusión de esta investigación

Agradecer a todos los docentes de la Carrera de Informática quienes jugaron un papel importante en el proceso de mi formación profesional.

También agradecer a mi familia y amigos que me acompañaron y me impulsaron a culminar esta etapa de mi vida.

Infinitamente Gracias

gabylusima@gmail.com

DEDICATORIA

Esta tesis de Grado está dedicada:

A Dios por darme el privilegio de existir y guiarme en todo el proceso de vida llenándome de paz y sabiduría sabiendo afrontar momentos difíciles y que por su infinita bondad me permite culminar la carrera.

A mis padres Buenaventura Sirpa y Cecilia de Sirpa (Q.E.P.D.), por ser mi fortaleza y enseñarme a que nunca es tarde para cumplir nuestros sueños y alcanzar metas en la vida.

A mis hijas que son el motor que día a día me impulsan a construir nuevos objetivos para un futuro mejor.

RESUMEN

El campo de la medicina es un área donde se requiere de mucho entrenamiento para ser un especialista, además, cuando existe una amplia diversidad de enfermedades, los síntomas pueden ser confusos cuando se busca determinar rápidamente un diagnóstico oportuno. La parte importante son los recursos que se refieren al conocimiento almacenado y adquirido, con la ayuda de un especialista, a través de un método que integra un módulo de aprendizaje. El Sistema Experto es un área de la informática, parte de la Inteligencia Artificial; el mismo que coadyuvará a almacenar el conocimiento de un médico experto en una especialidad determinada y limitada, y a su vez de solucionar problemas mediante la inducción y deducción lógica. Los sistemas expertos son programas de computación que capturan el conocimiento de un experto y tratan de imitar su proceso de razonamiento, cuando resuelven los problemas en un determinado dominio. En el campo de la medicina se están implementando para ayudar al médico en el diagnóstico clínico y de laboratorio. En el presente trabajo de investigación se plantea un sistema experto encargado de dar un diagnóstico a mujeres que se encuentran en el tercer periodo de gestación y brindar un tratamiento aceptable. La anemia en la mujer en el periodo de gestación ya que esta patología es de sumo riesgo, no solo para la madre gestante, sino también se pretende prevenir malformaciones o problemas neurales del nuevo ser. En la presente propuesta el prototipo planteado utilizo la metodología Buchanan y una de las técnicas de la Inteligencia Artificial como la lógica difusa permitiendo manejar información con un grado de incertidumbre como la anemia leve, moderado y severo, ayudando de esta manera a representar el conocimiento para luego inferir un resultado sobre el estado de anemia que presenta la mujer en estado de gestación. Posterior a este proceso se realiza una prueba de hipótesis, haciendo un análisis y obteniendo un grado de confiabilidad del 90% de aceptación.

Palabras claves: Sistema, experto, razonamiento, periodo de gestación, anemia, lógica, difusa, metodología, Buchanan.

ABSTRACT

The field of medicine is an area where a lot of training is required to be a specialist, in addition, when there is a wide variety of diseases, the symptoms can be confusing when seeking to quickly determine a timely diagnosis. The important part is the resources that refer to the knowledge stored and acquired, with the help of a specialist, through a method that integrates a learning module. The Expert System is an area of the computing science, and also it is part of Artificial Intelligence; the same that will help to store the knowledge of an expert doctor in a specific and limited specialty, and in turn to solve problems through logical induction and deduction. Expert systems are computer programs that capture the knowledge of an expert and try to imitate his reasoning process, when solving problems in a certain domain. In the field of medicine they are being implemented to help the doctor in clinical and laboratory diagnosis. In this research work, an expert system is proposed in charge of giving a diagnosis to women who are in the third period of gestation and providing an acceptable treatment. Anemia in women in the gestation period since this pathology is extremely risky, not only for the pregnant mother, but also to prevent malformations or neural problems of the new being. In the present proposal, the proposed prototype use the Buchanan methodology one of the Artificial Intelligence techniques such as fuzzy logic, allowing information to be handled with a degree of uncertainty such as mild, moderate and severe anemia, thus helping to represent knowledge and then infer a result. on the state of anemia presented by pregnant women. After this process, a hypothesis test is carried out, making an analysis and obtaining a degree of reliability of 90% acceptance.

Keyword: System, expert, reasoning, gestation, period, anemia, logic, fuzzy, methodology, Buchanan.

ÍNDICE

Pág.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	Introducción.....	1
1.2	Antecedentes.....	2
1.3	Planteamiento del problema.....	6
1.4	Formulación del problema de investigación.....	8
1.5	Definición de objetivos.....	9
1.5.1	Objetivo general.....	9
1.5.2	Objetivos específicos.....	9
1.6	Planteamiento de la Hipótesis.....	9
1.6.1	Operacionalización de variables.....	9
1.7	Justificación.....	10
1.7.1	Justificación Social.....	10
1.7.2	Justificación Económica.....	10
1.7.3	Justificación Científica.....	11
1.8	Alcances y límites.....	11
1.8.1	Alcance temporal.....	11
1.8.2	Alcance espacial.....	11
1.8.3	Alcance Poblacional.....	11
1.8.4	Límites.....	11
1.9	Aportes.....	12
1.9.1	Aporte Práctico.....	12
1.9.2	Aporte Teórico.....	12
1.10	Metodología.....	13
1.10.1	Diseño metodológico.....	13
1.10.2	Tipo de investigación.....	13
1.10.3	Método de Investigación.....	13

1.10.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	15
--	----

CAPÍTULO II

CONTEXTUALIZACIÓN TEÓRICA

2.1 Inteligencia Artificial.....	18
2.2 Sistema Experto.....	19
2.2.1 Definición.....	19
2.2.2 Características del Sistema Experto.....	19
2.2.3 Arquitectura de un Sistema Experto.....	20
2.2.3.1 Interfaz de Usuario.....	21
2.2.3.2 Base del conocimiento.....	21
2.2.3.3 Memoria de trabajo.....	22
2.2.3.4 Motor de Inferencia.....	22
2.2.3.5 Módulo de explicación.....	23
2.2.3.6 Módulo de adquisición de conocimiento y aprendizaje.....	24
2.2.4 Roles de las personas que interactúan con el Sistema Experto.....	24
2.2.4.1 Experto en el área.....	25
2.2.4.2 Ingeniero del conocimiento.....	25
2.2.4.3 Programador.....	25
2.2.4.4 Gerente del proyecto.....	26
2.2.4.5 Usuario.....	26
2.3 Metodología de Buchanan para el desarrollo de un Sistema Experto.....	26
2.3.1 Fase Identificación.....	26
2.3.2 Fase Conceptualización.....	27
2.3.3 Fase Formalización.....	28
2.3.4 Fase Implementación.....	28
2.3.5 Fase validación.....	29
2.4 Método <i>Forward Chaining</i>	29
2.4.1 Algoritmo <i>Forward Chaining</i>	30
2.5 Lógica Difusa.....	31

2.5.1	Conjunto difuso.	32
2.5.2	Función de pertenencia del conjunto difuso.	33
2.5.3	Variables lingüísticas.	36
2.5.4	Controlador difuso.	37
2.5.5	Componentes de un controlador difuso.	37
2.5.5.1	Base de reglas difusas.	38
2.5.5.2	Interfaz de Fusificación.	39
2.5.5.3	Interfaz de defuzzificación.	40
2.5.5.4	Motor de inferencia (Mecanismo de inferencia).	40
2.6	Alimentación durante el embarazo.	40
2.6.1	Anemia en el embarazo.	44
2.6.2	Tipos de anemias durante el embarazo.	46

CAPÍTULO III

MARCO APLICATIVO

3.1	Modelo conceptual del prototipo de Sistema Experto propuesto.	49
3.2	Fase de Identificación.	50
3.3	Fase de conceptualización.	51
3.3.1	Adquisición del conocimiento.	52
3.3.2	Variables de entrada.	56
3.3.3	Variables de salida.	59
3.4	Fase de Formalización.	59
3.4.1	Representación de Base de Conocimiento.	59
3.4.2	Fusificación de las variables lingüísticas.	60
3.4.2.1	Nivel de Hemoglobina.	60
3.4.2.2	Nivel de Hematocritos.	61
3.4.2.3	Nivel de Glóbulos Rojos.	63
3.4.2.4	Volumen Corpuscular Medio.	64
3.4.3	Tabla de decisiones.	66
3.4.4	Representación de Base de Hechos.	67

3.4.5	Representación de la Base de Reglas	68
3.4.6	Método de inferencia <i>Forward Chaining</i>	79
3.4.7	Defusificación.....	84
3.5	Fase de Implementación.....	87
3.5.1	Requerimiento de Hardware.....	87
3.5.2	Desarrollo del Prototipo del Sistema Experto.....	88
3.5.2.1	Interfaces del prototipo del Sistema Experto.....	88
3.5.2.2	Implementación del Prototipo del Sistema Experto.....	94
3.6	Fase de Validación.....	99

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.1	Prueba de hipótesis.....	100
4.2	Etapas Básicas para la prueba de hipótesis.....	101
4.3	Desarrollo de la prueba de hipótesis.....	101

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	111
5.2	Recomendaciones.....	113

Bibliografía.

ANEXOS

DOCUMENTACIÓN

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Mujeres de 15 a 49 años, por tipo de anemia, 2008 y 2016.....	7
Figura 1.2 Modelo de Ciclo de Vida propuesto por Buchanan	15
Figura 2.1 Arquitectura general de un Sistema Experto.....	20
Figura 2.2 Cadena de Inferencia.....	23
Figura 2.3 Equipo de desarrollo para el Sistema Experto	24
Figura 2.4 Modelo de Ciclo de Vida propuesto por Buchanan.	27
Figura 2.5 Proceso de ejecución del algoritmo de razonamiento <i>Forward Chaining</i>	30
Figura 2.6 Un sistema de lógica difusa que acepta datos imprecisos y declaraciones vagas como baja o media.....	32
Figura 2.7 La función de pertenencia de la lógica nítida y difusa.....	34
Figura 2.8 Función de pertenencia triangular	35
Figura 2.9 Función de pertenencia Trapezoidal	35
Figura 2.10 Función de pertenencia gaussiana.....	36
Figura 2.11 Arquitectura del Controlador Difuso	38
Figura 2.12 Partes de la Regla difusa	39
Figura 3.1 Modelo genérico teórico propuesto para el desarrollo del prototipo de SE.....	49
Figura 3.2 Componentes que intervienen en el diseño del Sistema Experto.....	50
Figura 3.3 Conjunto Difuso de la Hemoglobina	60
Figura 3.4 Conjunto Difuso de los Hematocritos	62
Figura 3.5 Conjunto Difuso de Glóbulos Rojos	63
Figura 3.6 Conjunto Difuso del Volumen Corpuscular Medio	64
Figura 3.7 Conjunto Difuso de la variable de salida difusa	65
Figura 3.8 Árbol de inferencia para un diagnóstico de Anemia Ferropénica Moderada.....	81
Figura 3.9 Árbol de inferencia para un diagnóstico de Anemia Ferropénica Leve.....	82
Figura 3.10 Árbol de inferencia para un diagnóstico de Anemia Ferropénica Severa.....	84
Figura 3.11 Diseño de la Interfaz de la Pantalla Principal del Prototipo del SE.....	89

Figura 3.12 Diseño de la Interfaz de Registro de la Paciente.....	89
Figura 3.13 Diseño de la Interfaz del Registro del Experto.	90
Figura 3.14 Diseño de interfaz de inicio de sesión.....	91
Figura 3.15 Diseño de la interfaz de los Factores Maternos Pregestacionales.....	91
Figura 3.16 Diseño de la interfaz de los Factores de Comportamiento Personal.....	92
Figura 3.17 Diseño de la interfaz de los Factores Clínicos – Laboratorio	92
Figura 3.18 Diseño de la interfaz de los Síntomas	93
Figura 3.19 Diseño de interfaz de Diagnóstico	93
Figura 3.20 Diseño de la interfaz de Tratamiento	94
Figura 3.21 Interfaz de Inicio del Prototipo del Sistema Experto	95
Figura 3.22 La interfaz de Registro del Prototipo del Sistema Experto.....	95
Figura 3.23 Interfaz de Inicio de sesión del Prototipo del Sistema Experto	96
Figura 3.24 Interfaz de llenado acerca de los factores Pregestacionales.....	96
Figura 3.25 Interfaz de llenado a cerca de los factores de Comportamiento Personal.....	97
Figura 3.26 Interfaz de los Factores Clínicos – Laboratorio	97
Figura 3.27 Interfaz de Síntomas.....	98
Figura 3.28 Interfaz de Diagnóstico	98
Figura 3.29 Interfaz de Tratamiento	99
Figura 4.1 Región crítica para la hipótesis	103
Figura 4.2 Resultado tabla de la Distribución Normal Estándar	103
Figura 4.3 Determinación de la región crítica	104
Figura 4.4 Ubicación del Estadístico z para la toma de decisión.	110

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Relación Causa – Efecto.....	8
Tabla 3.1 Pregunta Nro. 1 a Experto Médico 1	53
Tabla 3.2 Pregunta Nro. 2 al Experto Médico 1	53
Tabla 3.3 Pregunta Nro. 3 al Experto Médico 1	54
Tabla 3.4 Pregunta Nro. 4 al Experto Médico 1	54
Tabla 3.5 Pregunta Nro. 5 al Experto Médico 1	55
Tabla 3.6 Factores maternos pregestacionales	57
Tabla 3.7 Factores de comportamiento personal	57
Tabla 3.8 Síntomas	58
Tabla 3.9 Pruebas de laboratorio	58
Tabla 3.10 Variables de Salida del Prototipo del Sistema Experto	59
Tabla 3.11 Función de Pertenencia de la variable difusa Hemoglobina	61
Tabla 3.12 Función de Pertenencia de la variable difusa Hematocritos.....	62
Tabla 3.13 Función de Pertenencia de la variable difusa Glóbulos Rojos	63
Tabla 3.14 Función de Pertenencia de la variable difusa Volumen Corpuscular Medio	64
Tabla 3.15 Tabla de equivalencia del nivel de Anemia.....	65
Tabla 3.16 Tabla de decisiones para el diagnóstico de la anemia Ferropénica	66
Tabla 4.1 Pruebas del Prototipo del Sistema Experto	105
Tabla 4.2 Rachas obtenidas e interpretadas	108
Tabla 4.3 Cálculo de la medida de dispersión (Varianza) y la medida de tendencia central (Esperanza)	109

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Introducción.

La anemia es uno de los problemas de salud pública más graves a nivel mundial, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que el 52% de las embarazadas en los países en desarrollo presentan anemia y que la mitad de ellas corresponde a carencias de hierro. Cabe recalcar, también que, la anemia es una de las patologías más frecuentes que tienden a presentarse con el embarazo o ser producida por éste, y producir complicaciones tanto para la madre como para su hijo, con un aumento significativo de amenaza de aborto, infección de vías urinaria, parto prematuro, ruptura prematura de membranas, estados hipertensivos del embarazo, hemorragia obstétrica, infección de herida, recién nacidos de bajo peso, así como mayor número de ingresos a las unidades de cuidados intensivos e intermedios. A propósito, con lo anteriormente citado, a nivel Nacional, los índices que maneja el Programa Nacional de Desnutrición Cero del Ministerio de Salud indican que cuatro de cada diez embarazadas son anémicas y que 37 % de las embarazadas a nivel nacional tiene anemia debido a malos hábitos alimenticios, poca información nutricional y pobreza (Cabezas, Balderrama, Borda, Colque & Jiménez 2012). Es por tal motivo, que la presente investigación propone el desarrollar de un prototipo de Sistema Experto (SE) que permita obtener un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación. Para ello, será necesario trabajar sistemáticamente con el fin de obtener el máximo de información para realizar la investigación con eficiencia.

Para establecer una secuencia lógica de la temática de investigación de la presente Tesis de Grado, dicha investigación está estructurada desde la descripción situacional de la problemática planteada, así como también los objetivos a seguir y el planteamiento de la hipótesis del presente trabajo; seguidamente aborda cuestiones relacionadas con el marco teórico, realizando una delimitación conceptual de las nociones básicas que sustentan la investigación.

1.2 Antecedentes.

Un sistema experto de cómputo es el encargado de tomar decisiones altamente especializadas con base en los conocimientos de expertos sobre un área en particular, por lo que los datos son almacenados de forma estructurada para su recuperación. Además de la capacidad de ofrecer soluciones sobre algún problema, incluye la explicación del porqué se llegó a determinadas medidas. El origen de los sistemas expertos ocurre entre los años 1960 y 1970 en los Estados Unidos, cuando se desarrolla un sistema para resolución de problemas con base en los conocimientos almacenados a través de algoritmos y métodos de búsqueda en general. En 1960, se crea el primer sistema experto, DENDRAL, cuya rama de experiencia era la química, y permite identificar de manera rápida la estructura molecular: el sistema experto fue desarrollado a través del proyecto de programación heurística de la Universidad de Stanford. Posteriormente, surge MYCIN, cuyo dominio fue el diagnóstico de enfermedades contagiosas de la sangre, lo que da como resultado una lista de recomendaciones para su tratamiento (Bustillos, 2008)

El autor Bustillos (2008) afirma que la medicina es un área en donde se requiere de mucho entrenamiento para ser un especialista, además, cuando existe una amplia diversidad de enfermedades, los síntomas son confusos cuando se busca determinar rápidamente un diagnóstico oportuno, que significa la sobrevivencia o la muerte del paciente. En este sentido, el sistema experto sustituye al especialista en un área dominada plenamente por el médico. La parte importante son los recursos referidos al conocimiento almacenado adquirido, ya sea con la ayuda de un especialista o bien, a través del sistema que integra un módulo de aprendizaje, dónde propio conocimiento es construido (Pérez, 2014).

La anemia representa un problema común en las clínicas médicas de todo el mundo y de gran importancia para la salud pública, en especial en los países en vías de desarrollo. Es sabido, que la anemia existe cuando el nivel de hemoglobina circulante es inferior al nivel de los sujetos sanos del mismo sexo y edad que viven en el mismo ambiente. Siendo que los tipos más comunes de anemia se deben a deficiencias nutricionales de hierro (Pérez, 2014).

En Bolivia a inicios del año 2006, el Ministerio de Salud y Deportes, propuso al país la meta “Desnutrición Cero” reconociendo la grave problemática nutricional de los niños, niñas y embarazadas y la necesidad de implementar acciones urgentes, eficaces y coordinadas.

Datos obtenidos en estudios realizados en Bolivia reflejan que la magnitud de la desnutrición y la presencia consiguiente de anemia por deficiencia de hierro reportan una prevalencia del 37.1% en mujeres en edad fértil y de 39% en mujeres embarazadas.

La anemia, propiamente en el embarazo, tiene serias consecuencias tanto para el feto como para la madre, esto debido a que el feto depende de la sangre materna y en depleción de precursores como el hierro para la síntesis de ésta, ocasiona un crecimiento fetal deficiente, nacimiento prematuro o con bajo peso al nacer, llegando a desencadenar en muerte neonatal (Pérez, 2014).

En cuanto a trabajos realizados en el campo a los sistemas expertos y la medicina, a nivel internacional, se han realizado investigaciones, a nivel de doctorado, maestría y de Grado:

➤ Choque Aspiazu Guillermo Isaac: “Sistema experto para la medicina Tradicional Boliviana”, donde el autor construye un modelo de sistema experto de diagnóstico para la identificación y tratamiento de dolencias susceptibles de ser curadas utilizando la medicina tradicional, cuyos insumos esenciales se encuentran en la abundante y rica naturaleza que comprende el territorio boliviano, para ello diseña un prototipo del modelo teórico para luego implementar y evaluar dicho prototipo. El autor concluye con la demostración de la Hipótesis planteada, donde asevera que se desarrolló el sistema experto para la medicina tradicional boliviana, utilizando el método proporcionado por la ingeniería del conocimiento y la ingeniería del software. El cual proporciona un diagnóstico adecuado para el tratamiento con el uso de medicamentos naturales en función a la dolencia del paciente, con un manejo eficiente de la estructura de costos, que permite su inserción en lugares en los cuales es difícil la presencia física del médico para recomendar medicina

preventiva. Además, se desarrolló el modelo del sistema experto utilizando la herramienta CLIPS (Choque, 2006).

➤ Cabrera-Jojoa, Christian Humberto “Prototipo de sistema experto para el diagnóstico de enfermedades autoinmunes de órgano basado en internist” donde el autor propuso desarrollar un prototipo de sistema experto, que pretenda ayudar en el proceso de diagnóstico de enfermedades autoinmunes específicas de órgano. Para su construcción se tomó como referencia Internist, un sistema experto médico que utiliza un método descriptivo para modelar el conocimiento y que permite encontrar las enfermedades que más se ajusten a los hallazgos encontrados en un paciente. Como conclusiones el autor aseveró que se logró integrar el modelo descriptivo, ofrecido por Internist, con el conocimiento clínico a través de una ontología que modela la base de conocimiento del sistema a través de sus conceptos y relaciones, lo cual permite separar los diferentes componentes de conocimiento que integran un diagnóstico (Cabrera-Jojoa, 2014).

A nivel local, en cuanto al tema propuesto, cabe mencionar que se desarrollaron distintas investigaciones relacionadas a los sistemas expertos y el diagnóstico de enfermedades, entre los trabajos desarrollados en la carrera de Informática de la Universidad Mayor de San Andrés.

➤ Silva Alanoca, Jaime: “Sistema experto para el diagnóstico de la desnutrición de niñas(os) dentro el SUMI”, en el cual, el autor desarrolla un prototipo experimental denominado Sistema Experto para el diagnóstico, que permita determinar el nivel de desnutrición en niños. Así como también, se diseñó la base de conocimiento, que abarcó un 60% del conocimiento y experiencia del experto, esto permitió que el sistema sea confiable. La base de conocimiento fue construida en base a reglas, donde se representó el conocimiento mediante reglas de producción, puesto que ofrecieron una gran facilidad para la creación y la modificación de la base de conocimiento. Finalmente, el autor concluye que el sistema experto propuesto, cumplió con las expectativas esperadas cumpliendo en un 80 % el trabajo de realizar el diagnóstico del grado de riesgo de desnutrición (Silva, 2006).

➤ Aliaga Barrionuevo, Alejandra Lucia: “Sistema Experto para el diagnóstico de Parkinson”, en el cual, la autora desarrolla e implementa un sistema experto capaz de diagnosticar la enfermedad del Parkinson mediante el análisis de los síntomas que presenta el paciente, así como también, la implementación de la base de conocimiento según a la experiencia del experto humano. A la conclusión de la tesis, la autora indica que se desarrolló el prototipo del sistema basado en conocimiento para el diagnóstico Parkinson, cumpliendo con el modelado y desarrollo de un sistema experto siguiendo las fases de la metodología de sistemas expertos Buchanan.

Así como también, la autora asevera que se evidenció de acuerdo a los síntomas que presenta un determinado paciente, si este padece o no y en qué grado, la enfermedad de Parkinson. Sin embargo, en la hipótesis planteada, en el trabajo de investigación citada, se estima proporcionar, mediante el sistema experto, un diagnóstico confiable en base a variables de entrada proporcionadas por el paciente, lo cual no se evidencia el grado de confiabilidad de dicho sistema en la demostración de hipótesis (Aliaga, 2017).

➤ Gonzales Casas, Kelvy Alex “Sistema Experto para el diagnóstico de la enfermedad del Zika basado en lógica difusa”, en el cual el autor ofrece una visión detallada de la construcción de un sistema experto para el diagnóstico de la enfermedad del Zika, el mismo que fue de apoyo al médico infectólogo permitiendo realizar un diagnóstico de la enfermedad con una confiabilidad del 90% y en un tiempo breve.

Para dicho sistema se diseñó la base de conocimientos en base a la experiencia del médico infectólogo en el diagnóstico de la enfermedad del Zika utilizando la lógica difusa. A la conclusión de la tesis, la autor afirma que con la demostración de la prueba de hipótesis por medio de contraste de rachas de Wald – Wolfowitz el sistema experto para el diagnóstico de la enfermedad del Zika, utilizando lógica difusa permite brindar un diagnóstico confiable del 90% (Gonzales, 2016).

1.3 Planteamiento del problema.

En el embarazo existen cambios fisiológicos y metabólicos, que demandan mayores exigencias nutricionales para la formación de tejidos maternos, para mover la masa corporal adicional, así como para el crecimiento y desarrollo del feto, lo que hace que las embarazadas sean uno de los grupos más vulnerables a la privación nutricional, una buena alimentación de la madre asegura un buen desarrollo del feto. Así mismo, el peso al nacer está dado por el estado nutricional de la mujer antes y durante el embarazo.

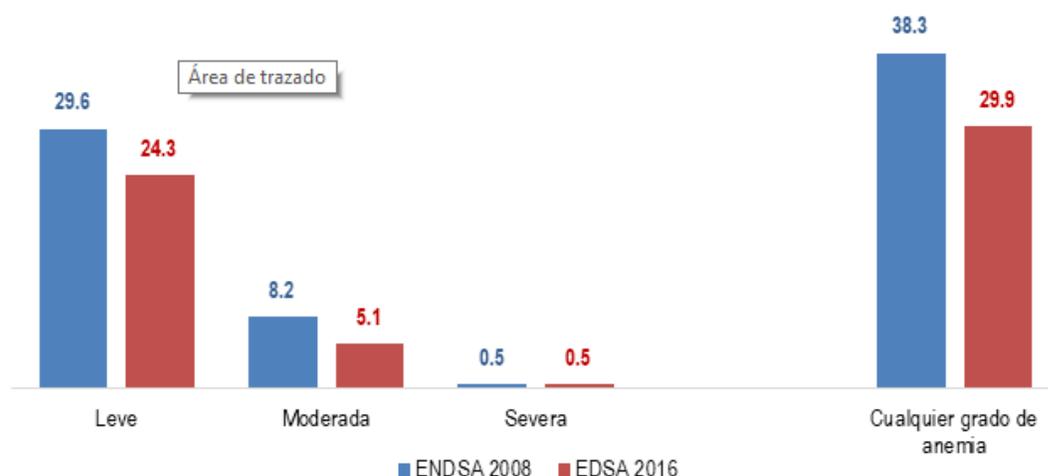
Según la guía elaborada por el Ministerio de Salud y Deportes MSD (2014) asevera que: la mujer embarazada debe proporcionar nutrientes al organismo y al bebé, mediante una dieta adecuada en calidad y cantidad, que garantice una digestión, absorción y transporte normal hacia la circulación materna y transferencia de los elementos nutricionales de la madre al feto. Sin embargo, la anemia es una de los principales padecimientos nutricionales que afecta a todas las poblaciones del mundo, atacando principalmente a niños, mujeres en edad fértil y particularmente a las mujeres embarazadas.

Por otra parte, según los autores Cabezas; Balderrama; Borda; Colque. & Jiménez de Sanchez, (2012) aseveran que en Bolivia los índices que maneja el Programa Nacional de Desnutrición Cero del Ministerio de Salud indican que cuatro de cada diez embarazadas son anémicas y que 37 % de las embarazadas a nivel nacional tiene anemia debido a malos hábitos alimenticios, poca información nutricional y pobreza.

Además, de acuerdo con datos de la Encuesta de Demografía y Salud (EDSA (2016)), 29,9% de las mujeres de 15 a 49 años sufre cualquier grado de anemia.

La clasificación de la anemia en mujeres, en sus diferentes grados (severa, moderada y leve), establece que la anemia leve tiene mayor prevalencia en este grupo etario con 24,3%, como se observa en la Figura 1.1.

Figura 1.1 Mujeres de 15 a 49 años, por tipo de anemia, 2008 y 2016



Fuente: I.N.E, (2012)

La Figura 1.1 proporciona información acerca de la prevalencia de anemia por grupo de edad, donde las mujeres de 30 a 39 años registran el mayor porcentaje de cualquier grado de anemia con 38,3%. En cambio, el grupo de edad de 20 a 29 años reporta la mayor prevalencia de anemia leve con 24,3%.

La anemia en el embarazo si bien no es una enfermedad propiamente, el riesgo de anemia aumenta de forma proporcional con el progreso del embarazo, convirtiéndose en un gran problema, es por tal motivo que su existencia pone de manifiesto una anomalía que tiene repercusiones serias en el binomio materno fetal, relacionándose con partos prematuros, de dar a luz un niño de bajo peso, de padecer anemia postparto y de tener menor respuesta frente a una crisis durante el parto.

Por su parte, si la anemia es muy prolongada y grave retrasa el crecimiento del feto, incluso tiende a aparecer sufrimiento fetal. La anemia se ha relacionado, además, con otras complicaciones del embarazo como la preclamsia o el desprendimiento de placenta

Por tanto, un estado nutricional inadecuado reflejado en un cuadro clínico de anemia impactará de forma negativa sobre la capacidad de llevar adelante ese embarazo y sobre la salud de la madre y el niño.

En función a lo anteriormente citado se determinaron los siguientes problemas, el cual es detallado en la siguiente Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Relación Causa – Efecto

	CAUSA	EFEECTO
1	El desconocimiento sobre una alimentación equilibrada por parte de la gestante.	Predispone al nuevo ser a padecer afecciones cognitivas y malformaciones e inclusive la muerte.
2	Una nutrición deficiente en la persona gestante	Predispone al nuevo ser a padecer enfermedades cardio vasculares
3	Peligro en el exceso de la ingesta de alimentos durante el embarazo	Presenta obesidad y afecciones en algunos órganos en la paciente gestante
4	Variedad de posibles enfermedades según los síntomas presentados por la paciente.	Produce un diagnóstico no preciso del tipo de anemia que presenta persona gestante
5	Desequilibrio nutricional en el periodo de gestación	Presencia de anemia de tipo leve, moderada o grave.
6	Los criterios del diagnóstico de la anemia en el periodo de gestación varían según los especialistas	Presencia de tratamientos erróneos

1.4 Formulación del problema de investigación.

Considerando la literatura descrita anteriormente del tema en cuestión, se formuló la siguiente pregunta principal.

¿De qué manera se ayudará al experto Ginecólogo Obstetra a obtener el diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación?

1.5 Definición de objetivos.

1.5.1 Objetivo general.

Desarrollar un prototipo de Sistema Experto (SE) que ayude al Ginecólogo Obstetra, obtener un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Determinar un cuadro clínico de anemia, a través de técnicas de adquisición de conocimiento
- Establecer el estado nutricional de la paciente en gestación mediante las reglas de producción en una base de conocimiento.
- Identificar el tipo de anemia de la paciente en gestación mediante la elaboración del mecanismo de inferencia por medio del diseño de conjuntos difusos.
- Proponer el diagnóstico y tratamiento para el mejoramiento nutricional de la paciente gestante.
- Evaluar el grado de confianza del prototipo del Sistema Experto en el campo de la Medicina mediante la comparación con diagnósticos emitidos por el Experto Ginecólogo Obstetra.

1.6 Planteamiento de la Hipótesis.

La hipótesis formulada es:

“En base a la Lógica Difusa, el prototipo del Sistema Experto obtiene un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación, con una confiabilidad mayor al 90 %”.

1.6.1 Operacionalización de variables.

A efectos del presente estudio, se diseñó un sistema de variables, donde

Variable Dependiente: Diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación.

Variable Independiente: Prototipo del Sistema Experto.

Variable Interviniente: Lógica Difusa

1.7 Justificación.

1.7.1 Justificación Social.

El desarrollo de un prototipo de Sistema Experto, en particular, llega a ser de gran importancia y ayuda al profesional Ginecólogo Obstetra como herramienta de apoyo, el cual permitirá obtener un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia. Así como también, será de mucho beneficio para aquellas mujeres embarazadas que necesitan obtener un diagnóstico oportuno y evitar riesgos y complicaciones futuras, al binomio materno-fetal, durante la fase final del embarazo debido a un cuadro clínico de anemia.

Las instituciones como los centros de salud requieren determinar el estado en que se encuentran las mujeres en periodo de gestantes, razón por la que la propuesta del Sistema Experto podría ser una herramienta útil que coadyuve a determinar un diagnóstico oportuno en los pacientes, optimizando el proceso de consulta médica.

1.7.2 Justificación Económica.

Las gestantes con anemia tienden a presentar complicaciones durante el embarazo por tal motivo los costos en los servicios hospitalarios tienden a incrementarse considerablemente, debido a que los requerimientos tanto en materiales, recursos, como personal, para atender estos casos se incrementan en función al uso de medicamentos, el tiempo de hospitalización en los servicios y en unidades de cuidados intensivos. Por lo que, con el desarrollo del Sistema Experto del presente trabajo de investigación se tratará de realizar un diagnóstico y tratamiento temprano y tratar de no ingresar a un cuadro clínico de anemia con complicaciones, y de esta manera no incurrir en dichos costos de servicios hospitalarios.

1.7.3 Justificación Científica.

El presente trabajo, proporciona un aporte teórico práctico de importancia en lo que se refiere a las investigaciones en el área de la Inteligencia Artificial y una de sus ramas que son los sistemas expertos.

El sistema experto en cuestión será un instrumento complementario, rápido y eficiente, que permitirá obtener un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, además permitirá hacer recomendaciones para un posible tratamiento a seguir.

Este trabajo representa el estudio en el área de la salud pública, contribuyendo así al avance de la informática en la medicina.

1.8 Alcances y límites.

1.8.1 Alcance temporal.

Para el presente trabajo de investigación se realizará una retrospectiva y a su vez un análisis de los antecedentes obtenidos desde 2010 – 2021, con datos extraídos en ese intervalo de tiempo que hace referencia a la temática abordada.

1.8.2 Alcance espacial.

El ámbito en el cual se desarrollará la presente investigación, comprende la ciudad de La Paz, donde la comprobación de la hipótesis tendrá lugar en diferentes consultorios privados que ofrecen el servicio Ginecología y obstetricia de la zona central de la urbe paceña.

1.8.3 Alcance Poblacional.

Mujeres embarazadas de 15 a 49 años que se encuentran el tercer periodo de gestación de los centros Ginecológicos del centro de la Urbe paceña

1.8.4 Límites.

- El proceso del embarazo está dividido en tres trimestres, para el presente trabajo el dominio de datos estará delimitado en el tercer trimestre del embarazo debido a que

en dicho periodo existe un factor de riesgo mayor de contraer una anemia a causa de que la gestante requiere un alto valor de nutrientes, tanto para ella misma como también para el feto.

- Así como también, la presente investigación estará enmarcada en el diagnóstico de la anemia Ferropénica en el periodo de gestación.
- En el área de Informática se aplicará los conocimientos relacionados a los Sistemas Expertos, que son programas capaces de resolver problemas en un área determinada del conocimiento y que requiere de la inteligencia de un Experto Humano, logrando dar un mejor control y prevención.

1.9 Aportes.

1.9.1 Aporte Práctico.

El prototipo de Sistema Experto, conjuntamente con el análisis de la Lógica Difusa, está enfocado a ser una herramienta de apoyo al especialista en el área, el cual proporcionará un óptimo control de diagnóstico y tratamiento de pacientes embarazadas con cuadro clínico de Anemia durante en el periodo de gestación.

Además, el prototipo del sistema experto desarrollado conjuntamente con las pruebas realizadas para la validación del mismo, tiende a ser un gran aporte practico debido a que el prototipo del sistema experto deberá emular la toma de decisiones y llegar a proporcionar las mismas conclusiones que el medico experto a partir de la información proporcionada por la paciente gestante, con un margen de error mínimo, que es completamente normal en este tipo de sistemas informáticos de inteligencia artificial.

1.9.2 Aporte Teórico.

El presente trabajo de investigación, proporciona un aporte teórico de importancia en lo que se refiere a las investigaciones, en el campo de la Inteligencia Artificial, en especial en el área de los Sistemas Expertos con el área de la Medicina, el mismo que estará reflejado en el conocimiento adquirido en el campo de investigación.

Para que el Sistema Experto tenga un desempeño acorde con lo planificado, es necesario adquirir el conocimiento de los médicos expertos, los mismos que serán interpretados mediante la lógica difusa, la base de conocimiento y el motor de inferencia, todo en marcado en la metodología de Buchanan.

1.10 Metodología.

1.10.1 Diseño metodológico.

En la presente investigación se plantea la metodología de investigación con el fin de enmarcar la problemática a afrontar. La problemática se caracteriza por presentar un problema principal para posteriormente desprenderse los objetivos que aborda la presente investigación. Para desarrollar la presente investigación se utilizarán instrumentos de recolección de la información como ser: las entrevistas, encuestas y la observación, los cuales permitirán aglutinar información de la investigación.

1.10.2 Tipo de investigación.

El presente trabajo de investigación se sustenta en una investigación de corte Analítico – Descriptivo, el cual llegará a enriquecer el tema a ser investigado. Por su parte, la investigación analítica, según Hurtado de Barrera (2010), pretende encontrar pautas de relación internas en un evento para llegar a un conocimiento más profundo de éste, que la mera descripción, lo cual contempla exactamente la presente investigación persigue. Por otra parte, la investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno analizado. Así como también, describe tendencias de un grupo o población Hernández, Fernández, & Baptista (2010).

1.10.3 Método de Investigación.

La presente investigación está determinada por aplicar la metodología de investigación científica, que para los autores Hernández et al (2010) es: “un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos aplicados al estudio de un fenómeno; la cual es dinámica, cambiante y evolutiva. Por otra parte, que dicha metodología se manifiesta de tres formas:

cuantitativa, cualitativa y mixta. Esta última, la mixta, implica combinar las dos primeras. Cada una es importante, valiosa y respetable por igual”.

Cabe mencionar además que el método científico contempla cinco pasos fundamentales:

- Planteamiento del problema.
- Planteamiento de los objetivos.
- Formular la hipótesis
- Marco teórico
- Comprobación de hipótesis
- Planteo de conclusiones y recomendaciones

Por otra parte, el presente trabajo de investigación se respalda en el enfoque cuantitativo, caracterizada por aplicar la metodología de investigación Sistémica bajo el Enfoque Sistémico (ES), que a criterio de Barchini, Sosa, & Herrera, (2004) es: “...una herramienta conceptual y de acción para la informática, interpreta lo concreto y facilita el pasaje de la teoría a la práctica, logrando mejores resultados...”.

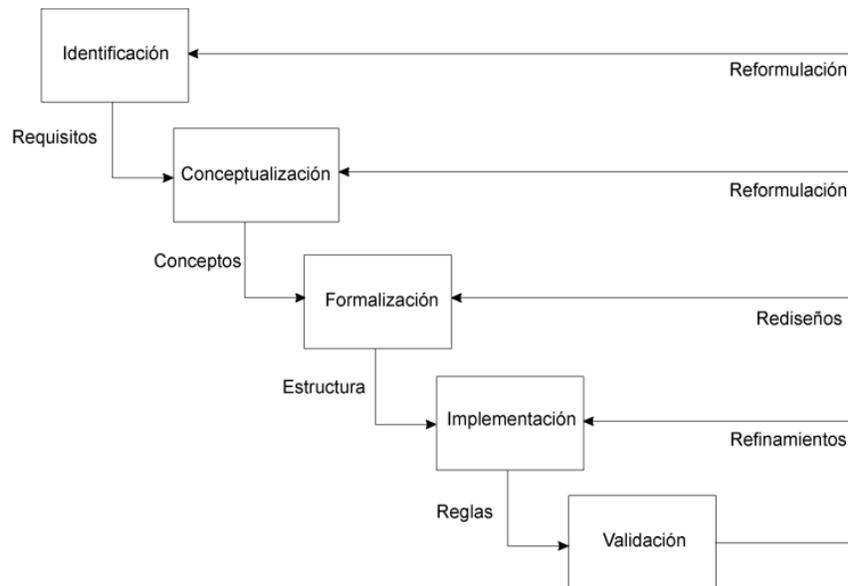
En otras palabras, el ES considera a los sistemas en su totalidad, complejidad y dinámica propias, englobando la totalidad de los elementos del sistema, estudiando sus relaciones y sus interdependencias.

- Para el diseño del sistema experto se utilizará la metodología de Buchanan, dicha metodología está determinada por la constante relación entre el ingeniero del conocimiento y el experto del área abordada.

Este método consta de seis etapas, como se aprecia en la siguiente Figura 1.2.

- Lógica difusa, evaluará, mediante preguntas, el nivel de gravedad, asociado a un cuadro sintomatológico de anemia, presentado por la paciente embarazada y conjuntamente con el Sistema Experto obtendrá un tratamiento óptimo a seguir.

Figura 1.2 Modelo de Ciclo de Vida propuesto por Buchanan



Fuente: Palma et al., (2000)

- Por último la herramienta a utilizar para el diseño del prototipo del sistema experto será un lenguaje de programación lógica para la representación del conocimiento del experto y para realizar la interfaz gráfica se utilizara un lenguaje de programación estándar necesario para este propósito que cuente con condiciones necesarias que ayuden al sistema a interactuar con el usuario.

1.10.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La hermenéutica utilizada para la interpretación y análisis de los diferentes libros, manuales, textos, cuestionarios, entre otros, con la única finalidad de facilitar la recolección de información, fueron las siguientes:

- **Recopilación bibliográfica:** Recopilación de información sustentada en documentos digitales como físicos, para su posterior análisis documental, relacionado a la temática abordada en la presente Investigación.
- **Cuestionario:** Según Hernández et al. (2010) un cuestionario es el instrumento más utilizado para recolectar los datos, el cual consiste en un conjunto de preguntas

respecto de una o más variables a medir. Debe ser congruente con el planteamiento del problema e hipótesis.

El contenido de las preguntas de un cuestionario es tan variado como los aspectos que mide, para lo cual existen dos tipos de preguntas: cerradas y abiertas.

Preguntas cerradas: contienen categorías u opciones de respuesta que han sido previamente delimitadas. Es decir, se presentan las posibilidades de respuesta a los participantes, quienes deben acotarse a éstas. Estas son: dicotómicas (dos posibilidades de respuesta) o incluir varias opciones de respuesta (Hernández et al., 2010).

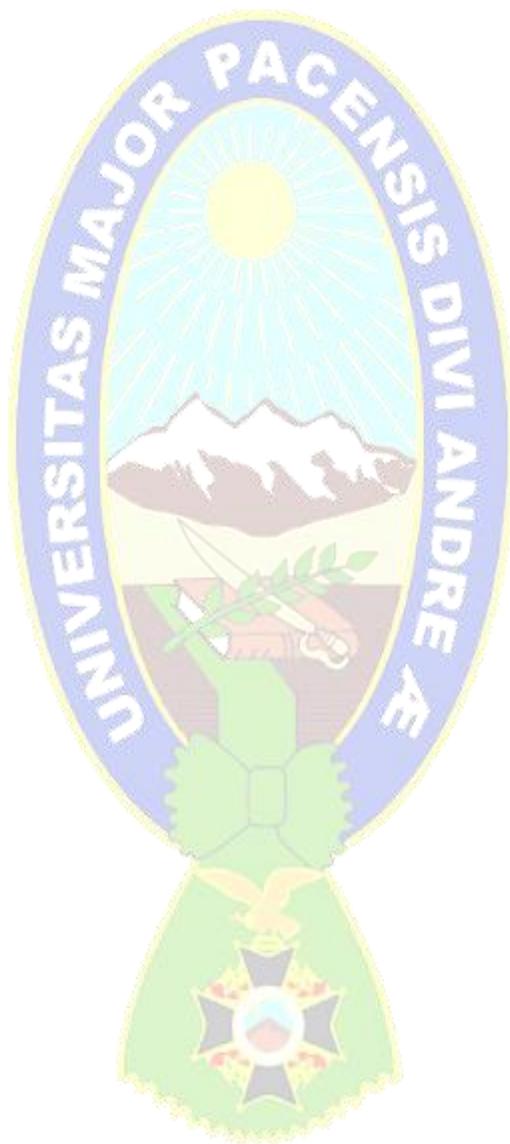
Preguntas abiertas: no delimitan de antemano las alternativas de respuesta, por lo cual el número de categorías de respuesta es muy elevado; en teoría, es infinito, y variar de población en población (Hernández et al., 2010).

- **Fuentes de información.** La hermenéutica utilizada para la interpretación y análisis de los diferentes libros, manuales, textos, entrevistas, entre otros, con la única finalidad de facilitar la recolección de información, fueron las siguientes:

Fuente primaria: Proporcionan datos de primera mano, el cual trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes plasmados en: libros, antologías, artículos de publicaciones periódicas, monografías, tesis y disertaciones, documentos oficiales, reportes de asociaciones, trabajos presentados en conferencias o seminarios, artículos periodísticos, testimonios de expertos, documentales, videocintas en diferentes formatos, foros y páginas en internet entre otros (Hernández et al., 2010).

Todas las referencias anteriormente citadas están enfocadas principalmente en las áreas de las Inteligencia Artificial, los Sistemas Expertos y el campo de la nutrición, más propiamente en el periodo de gestación.

Fuente secundaria: Son datos que han procesado información de una fuente primaria. El proceso de esta información llega a realizarse mediante la interpretación, el análisis, así como la extracción y reorganización de la información de una fuente primaria relacionados con el tema del proyecto. (González & Maranto, 2015).



CAPÍTULO II

CONTEXTUALIZACIÓN TEÓRICA

La construcción de la contextualización teórica plantea finalidades en diferentes niveles, desde la recolección y la sistematización de la documentación sobre algún eje temático, hasta la construcción teórica relacionada con el fenómeno de estudio. En este sentido, la estructura teórica sobre el tema del prototipo de Sistema Experto (SE) para emular la habilidad de toma de decisiones del experto Ginecólogo Obstetra, está constituida de la siguiente manera: Una primera parte, hace referencia al ámbito de la Inteligencia Artificial desde un punto de vista teórico. Una segunda parte, aborda particularmente todo lo referente al Sistema Experto, las características, la Arquitectura y los roles de los actores del Sistema experto. La tercera parte de la presente investigación está constituida por la descripción de la Metodología de Buchanan, describiendo cada una de las seis fases que esta metodología conlleva. Una cuarta parte permite realizar la conceptualización del método *Forward Chaining*, así como también, el algoritmo que este método conlleva. Una quinta parte, está fundamentada con la descripción conceptual del campo de la lógica difusa. Finalmente, una sexta parte realiza una descripción del cuadro clínico de la anemia durante el embarazo.

2.1 Inteligencia Artificial.

La inteligencia artificial (IA), a lo largo de los años, ha tenido varios comienzos y concepciones falsas. Según los autores Mueller & Massaron (2018) afirman que, dichas concepciones falsas son atribuidas principalmente a la mala interpretación de las personas de lo que realmente trata la Inteligencia Artificial, e inclusive el propósito de la misma. Otro factor de una mala interpretación de la Inteligencia Artificial también es atribuido a las películas, programas de televisión y los libros que han conspirado para dar falsas esperanzas sobre lo que logrará la Inteligencia Artificial.

Por tanto, el término Inteligencia Artificial refiere, según los autores Hendler & Mulvehill (2016), a una rama de la informática que investiga y desarrolla teorías,

algoritmos y metodologías sobre el diseño y construcción de “sistemas de razonamiento inteligente”. De igual manera, los autores Badaro, Ibañez, & Agüero (2013) afirman que la Inteligencia Artificial (IA) refiere, también, a la capacidad de emular las funciones inteligentes del cerebro humano. El empleo de la Inteligencia Artificial es variado y actualmente es utilizado principalmente en áreas de informática y robótica, no obstante, se está extendiendo tanto en las ciencias sociales como ciencias empresariales. Así mismo las redes neuronales artificiales y algoritmos genéticos son tecnologías cada vez más difundidas, principalmente en los campos de la investigación y la previsión del mercado.

2.2 Sistema Experto.

2.2.1 Definición.

En la literatura existente acerca del campo de la Inteligencia Artificial dentro del subcampo de los Sistemas Expertos (llamado también Sistema Experto Basado en Conocimiento) existen varias definiciones acerca del mismo. Una de las definiciones está dada por el autor Rahulkumar (2015), el cual define a un sistema experto como: “un programa informático diseñado para imitar a un experto humano, imitando la base de conocimientos y el proceso de toma de decisiones de un experto humano. Un sistema experto se diferencia de los programas convencionales porque realiza la explicación necesaria del comportamiento realizado al experto humano y recibe nueva información sin necesidad de una nueva programación”. De la misma forma, los autores Gupta & Nagpal. (2020) definen a un Sistema Experto como: “programas inteligentes que tienen la capacidad de proporcionar experiencia en la resolución de problemas utilizando el conocimiento específico del dominio de un experto humano”

2.2.2 Características del Sistema Experto.

Según el autor Rahulkumar (2015) un Sistema Experto, para que sea funcional, debe incluir las siguientes propiedades listadas a continuación:

i. Transparencia: Los Sistemas Expertos desarrollados tienden a explicar la solución dada, citando los conocimientos previos utilizados.

ii. Flexibilidad: Un Sistema Experto debe conservar la tolerancia de: agregar, modificar o eliminar fácilmente, conocimientos individuales.

iii. Facilidad de uso: El manejo de los Sistemas Expertos no requieren conocimientos previos de lenguajes de programación (ni para el usuario final, ni para el experto).

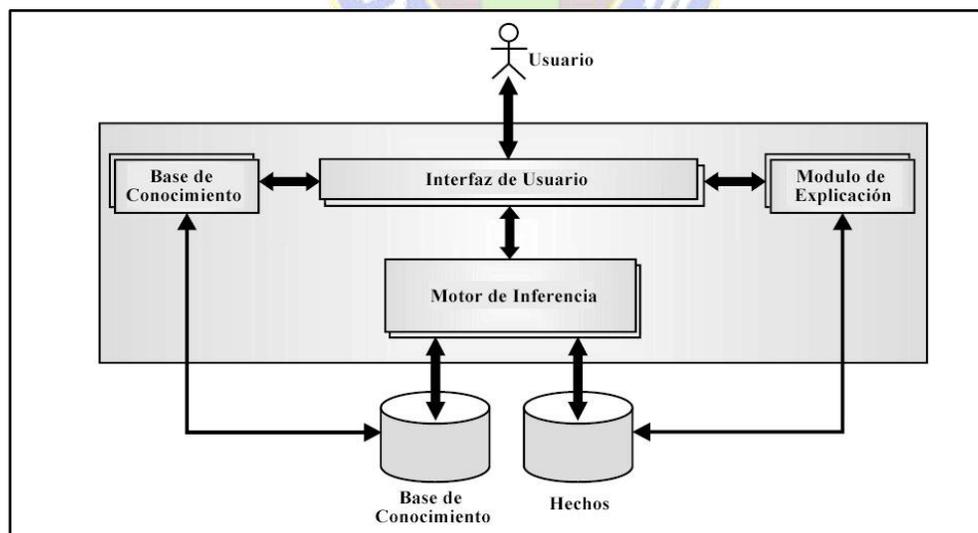
iv. Competencia: Debido al conocimiento del experto humano, los Sistemas Expertos tienen una alta capacidad de resolución de problemas dentro del dominio investigado o estudiado.

2.2.3 Arquitectura de un Sistema Experto.

La arquitectura comúnmente desarrollada, de un Sistema Experto, es el sistema basado en reglas o el sistema de producción. Este tipo de sistema usa el conocimiento escrito en forma de reglas de producción, es decir, usando reglas “SI... ENTONCES”.

La Arquitectura de un Sistema Experto está conformada de: una Interfaz de Usuario, un motor de inferencia, una base de conocimiento, un subsistema de explicación, y una memoria de trabajo, como se observa en la Figura 2.1.

Figura 2.1 Arquitectura general de un Sistema Experto.



Fuente: Gupta et al. (2020)

2.2.3.1 Interfaz de Usuario.

La aceptabilidad de un sistema experto depende de la calidad de la interfaz de usuario. Dicha interfaz proporciona el intercambio de comunicación entre el usuario y el sistema. La interfaz de usuario está orientada al texto o es gráfica. El tipo de interfaz a utilizar es decidida en la fase del diseño del Sistema Experto. Sin embargo, generalmente la interfaz gráfica es utilizada por el fácil uso del mismo (Gupta et al., 2020).

El usuario ingresa comandos y responde preguntas. El sistema responde a los comandos y hace preguntas durante el proceso de inferencia. Las interfaces avanzadas hacen un uso intensivo de varios métodos, como menús emergentes y ventanas. A través de la interfaz de usuario, el usuario interactúa con el sistema para determinar a qué conclusión se ha llegado hasta ese momento, por qué se llegó a esa conclusión, qué está haciendo el sistema ahora y por qué lo está haciendo (Gupta et al., 2020).

2.2.3.2 Base del conocimiento.

La base de conocimientos es el corazón de un sistema experto. Contiene el conocimiento sobre el dominio, es decir que es el conocimiento y la experiencia de los expertos en un área determinada, convenientemente codificado, estructurado y formalizado para el posterior uso del mismo. Así como también, el uso de una base de conocimientos permite la separación clara del conocimiento del proceso de control y manipulación (Rahulkumar, 2015). Por otra parte, Gupta et al. (2020) refieren al conocimiento como hechos o habilidades obtenidas a través de varios años de experiencia. Así como también, los expertos del dominio recopilan dicho conocimiento, como lo aprendido en la escuela y en varios años de experiencia. Un experto en el dominio es capaz de expresar el conocimiento en forma de reglas para resolver problemas. La base de conocimientos contiene reglas y conocimientos expresados en forma de reglas.

Por otro lado, de acuerdo con Gupta et al. (2020) una base de conocimientos de un Sistema Experto tiene varios tipos de conocimientos:

- **Conocimiento procedimental:** Se refiere a cualquier tarea que esté relacionada con la realización de alguna tarea y una forma procesada de información. Por ejemplo, si se tiene información paso a paso para resolver un problema, entonces se llama conocimiento procedimental.
- **Conocimiento factual:** Es el conocimiento sobre los hechos de un dominio de tarea particular hallada dentro de libros de texto y revistas. Este conocimiento es compartido ampliamente.
- **Conocimiento heurístico:** Este tipo de conocimiento es lo opuesto al conocimiento fáctico, debido a la característica de no compartir la información ampliamente, pero rara vez es discutida y es menos rigurosa, en gran medida individualista y más empírica. El conocimiento heurístico surge de las buenas prácticas y el buen juicio.

2.2.3.3 Memoria de trabajo.

La memoria de trabajo, según Gupta et al. (2020), contiene hechos que utiliza el motor de inferencia para hacer coincidir hechos con la parte antecedente de una regla para encontrar una conclusión. Contiene los datos específicos del problema a resolver. Es un almacén de trabajo que el motor de inferencia utiliza con el fin de almacenar datos mientras se trabaja en un problema. Contiene todos los datos sobre la tarea actual, como: respuestas del usuario a preguntas, cualquier dato de fuentes externas, cualquier resultado intermedio del razonamiento, cualquier conclusión alcanzada hasta ahora

Existe una diferencia entre la base de conocimientos y la base de datos. La base de conocimientos contiene conocimientos que son utilizados repetidamente, pero una base de datos contiene datos sobre un caso particular.

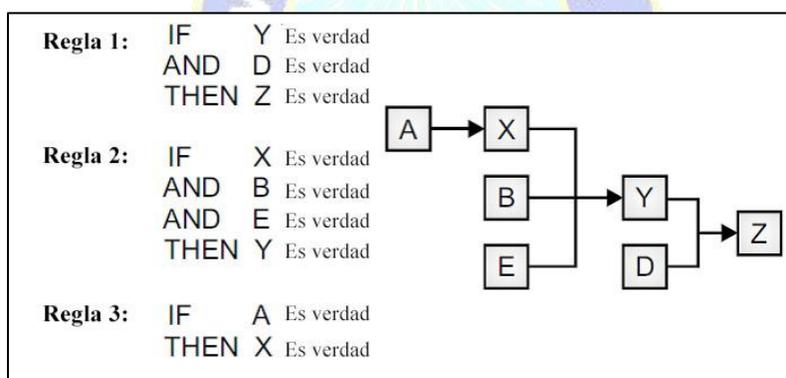
2.2.3.4 Motor de Inferencia.

El motor de inferencia es el componente de razonamiento de un Sistema Experto y es un intérprete de reglas. El motor de inferencia es un programa de computadora que produce el razonamiento de una regla. Este motor es capaz de generar nueva información a partir del

conocimiento contenido en la base de reglas y los datos a procesar. El cerebro del sistema de reglas es un motor de inferencia. El motor de inferencia compara hechos y datos con las reglas de producción, también llamadas “producciones” o simplemente reglas, para inferir conclusiones que resultan en acciones. Cuando la parte IF (condición) de la regla coincide con un hecho, entonces la regla está activada y la parte THEN (acción) es ejecutada.

Esta coincidencia produce cadenas de inferencia. La cadena de inferencia, como se observa en la Figura 2.2, especifica cómo aplicar las reglas para llegar a una conclusión (Gupta et al., 2020).

Figura 2.2 Cadena de Inferencia



Fuente: Gupta et al., (2020)

El proceso de hacer coincidir los hechos nuevos o existentes con las reglas de producción es denominado como coincidencia de patrones, y es ejecutado por el motor de inferencia. Es responsabilidad del motor de inferencia priorizar las reglas y las reglas (*fire*) que tienen la máxima prioridad. Las reglas son almacenadas en la memoria de producción y los hechos con los que el motor de inferencia coincide son guardados en la memoria de trabajo. Los hechos son declarados en la memoria de trabajo, donde luego son modificados.

2.2.3.5 Módulo de explicación.

Es importante explicar el razonamiento del sistema a un usuario. Es posible que el sistema proporcione al usuario reglas que fueron utilizadas durante el proceso de inferencia como medio para explicar los resultados. Sin embargo, las explicaciones son relativamente

inútiles para el usuario. Esto se debe a que las reglas de un sistema experto generalmente representan conocimiento empírico y no una comprensión profunda del dominio del problema. Las explicaciones tienen un gran valor para el ingeniero del conocimiento. Mediante las explicaciones, el ingeniero del conocimiento llega a percibir el comportamiento del sistema y cómo interactúan las reglas y los datos.

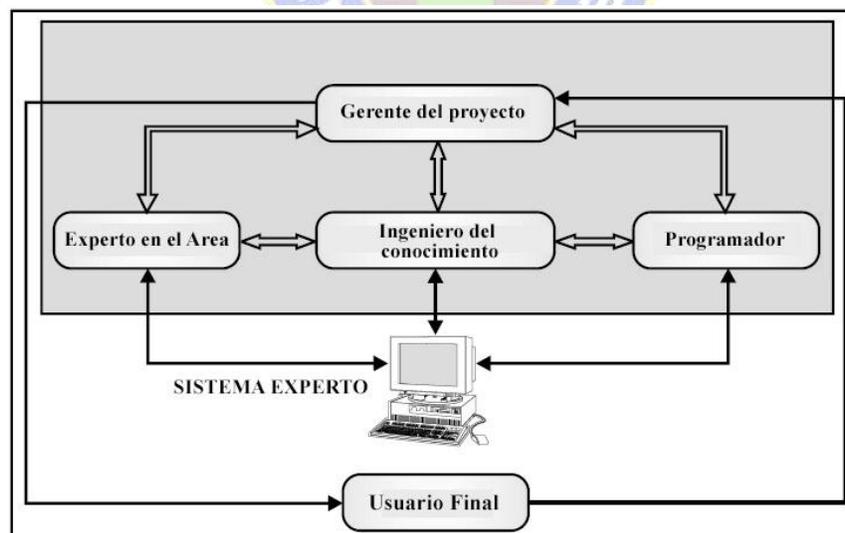
2.2.3.6 Módulo de adquisición de conocimiento y aprendizaje.

Esto se refiere a una forma automática para que el experto ingrese conocimiento en el sistema en lugar de hacer que el ingeniero del conocimiento codifique explícitamente el conocimiento.

2.2.4 Roles de las personas que interactúan con el Sistema Experto.

A juicio de Gupta et al. (2020), es necesario contar con cinco integrantes para el equipo de desarrollo de un Sistema Experto (Véase Figura 2.3), como ser: el ingeniero del conocimiento, el experto en el área, el usuario final, el programador y finalmente el gerente de proyecto. El éxito del Sistema Experto depende completamente de la unidad y cooperación de cada uno de los integrantes involucrados.

Figura 2.3 Equipo de desarrollo para el Sistema Experto



Fuente: Gupta et al. (2020)

2.2.4.1 Experto en el área.

De acuerdo con Gupta, et al. (2020), un experto en el área es un individuo (o individuos) que es un experto en resolver los problemas que el sistema pretende solucionar. Los expertos en el área tienen un conocimiento profundo de los hechos y también tienen una gran experiencia en un dominio en particular. Un experto en el área es una persona capacitada con conocimiento en un dominio particular para resolver problemas en ese dominio. El conocimiento de un experto en el área es capturado a través de técnicas de adquisición de conocimiento. El experto en el área debe estar dispuesto a participar en el proceso de adquisición de conocimientos.

2.2.4.2 Ingeniero del conocimiento.

Es el ingeniero del conocimiento, desde el punto de vista de Gupta et al. (2020), es quien obtiene la pericia de diversas fuentes. La responsabilidad del ingeniero del conocimiento es diseñar, construir y probar el Sistema Experto. Es el ingeniero del conocimiento quien interactúa con el experto en el área y la base de conocimiento.

El ingeniero del conocimiento, después de adquirir el conocimiento, decide el esquema de representación para ese conocimiento y también decide la manera de codificar el conocimiento. El papel del ingeniero del conocimiento no se limita a la adquisición y representación del conocimiento. También es responsable de probar y revisar el Sistema Experto.

2.2.4.3 Programador.

El programador es responsable de utilizar el lenguaje de programación necesario y elegido por el ingeniero del conocimiento para codificar la sapiencia adquirida. Los lenguajes de programación de la Inteligencia Artificial difieren desde: LISP y PROLOG, por lo que el programador debe tener fuertes habilidades en estos lenguajes, además de otros lenguajes como C, C ++ y Java (Gupta et al. 2020).

2.2.4.4 Gerente del proyecto.

El Gerente del proyecto es el responsable de gestionar el desarrollo general del Sistema Experto. El cual mantiene el proyecto en marcha y coordina con el resto de los integrantes del equipo de desarrollo.

2.2.4.5 Usuario.

El usuario final es la persona que finalmente utilizará el Sistema Experto desarrollado. Es la persona que consultará con el Sistema para obtener el asesoramiento que habría proporcionado el experto.

Los Sistemas Expertos son desarrollados con *Shells*¹ personalizados para aplicaciones particulares. En este caso, entra otro participante clave, el entendido en Informática, es quien crea la interfaz de usuario, diseña el formato declarativo de la base de conocimientos e implementa el motor de inferencia. Dependiendo del tamaño del proyecto, el ingeniero del conocimiento y el entendido en Informática tienden a ser el mismo integrante en el equipo de desarrollo.

2.3 Metodología de Buchanan para el desarrollo de un Sistema Experto.

Para el diseño del sistema experto se utilizará la metodología de Buchanan, dicha metodología está determinada por la constante relación entre el ingeniero del conocimiento y el experto del área abordada. Este método consta de seis etapas, como se aprecia en la siguiente Figura 2.4.

2.3.1 Fase Identificación.

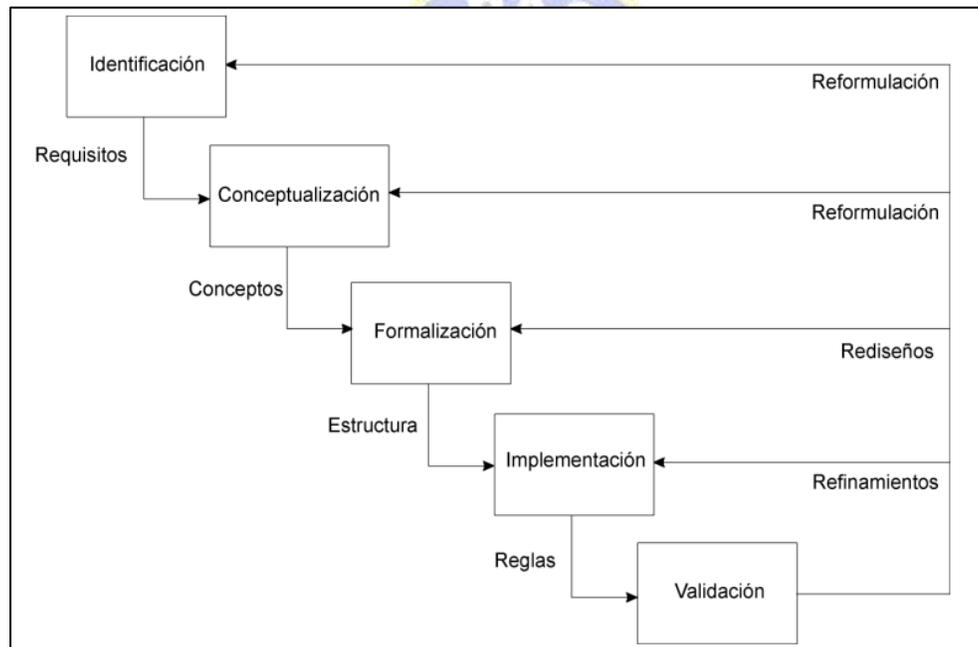
El primer paso es identificar el dominio del problema apropiado, que es definir el problema que el cliente espera que el sistema experto resuelva. En esta etapa diversas características relativas al problema son evaluadas como ser: tipo, sub-tareas compuestas, terminología a utilizar, aspectos fundamentales, entre otros.

¹ En informática, un *shell* es un programa informático que expone los servicios de un sistema operativo a un usuario humano u otro programa.

Así como también como los recursos disponibles como ser: las fuentes de conocimiento, facilidades computacionales, tiempo de desarrollo y el financiamiento.

Finalmente, son evaluadas las metas a alcanzar como ser: formalizar conocimiento experto, distribuir experiencia, ayudar a la formación de nuevos expertos, entre otros.

Figura 2.4 Modelo de Ciclo de Vida propuesto por Buchanan.



Fuente: Palma et al (2000)

2.3.2 Fase Conceptualización.

En esta etapa la caracterización de la situación y el diseño del programa propuesto son realizados. Es decir, es descrita la capacidad prevista del sistema y también determinada la experiencia necesaria para resolver el problema propuesto.

Una discusión entre el ingeniero del conocimiento y el experto ayuda a aclarar el alcance del sistema y los detalles pertinentes, y ayuda a identificar los sub-problemas del problema, los cuales son implementados rápidamente en forma de prototipo.

En esta etapa se realiza la adquisición de conocimiento, es decir, adquirir el conocimiento del experto en el dominio. Para lo cual, dos tareas son desarrolladas: la

identificación, selección de fuentes de conocimiento y la adquisición, análisis y extracción del conocimiento.

La adquisición de conocimientos es responsabilidad del ingeniero del conocimiento. El ingeniero del conocimiento tiene que identificar varias fuentes de conocimiento y seleccionar la adecuada. Un ingeniero del conocimiento entrevista al experto en el dominio muchas veces realizando preguntas.

2.3.3 Fase Formalización.

En esta etapa la lógica del programa es diseñada. La formalización significa organizar el conocimiento obtenido en las etapas anteriores y organizar los conceptos clave y sub-problemas. El conocimiento adquirido es organizado y clasificado en una estructura jerárquica en forma de árbol. Organizar el conocimiento utilizando esquemas de representación del conocimiento es importante para la confiabilidad de un sistema.

2.3.4 Fase Implementación.

Esta etapa es similar a la etapa de codificación de los modelos convencionales. La implementación es como la creación de prototipos expandidos. Es un examen crítico del prototipo inicial realizado depurando repetidamente y ampliando la capacidad del sistema experto en toda la extensión.

Este ciclo es repetido hasta terminar la base de conocimientos. El prototipo inicial tiene solo un subconjunto de todas las características necesarias, por lo que después de la evaluación adecuada del prototipo inicial, todas las características necesarias son incluidas en el sistema.

La base de conocimientos es ampliada para cubrir aspectos completos de un problema completo. Es decir, se obtiene un sistema experto completo al final de esta fase, con una documentación adecuada de la base de conocimientos tal como está codificada.

2.3.5 Fase validación.

El último paso en el ciclo de vida del desarrollo de un sistema experto es la evaluación del sistema experto completo. En esta etapa, todas las funciones del sistema experto, como la interfaz de usuario y las funciones de explicación, son examinadas correctamente. La verificación del desempeño del sistema experto es imprescindible en esta etapa.

La prueba (verificación y validación) de un sistema experto es realizada mediante el uso de una serie de casos de prueba para identificar errores o puntos débiles en la base de conocimientos y el motor de inferencia. Es necesario generar una cantidad suficiente de casos de prueba para probar sistemas expertos que cubran todo el dominio. En caso de que existan errores (incompletitud e inconsistencia), entonces la base de conocimientos será redefinida (tanto la estructura como el contenido) y las reglas de inferencia.

Esta etapa incluye la verificación de la relación, la validación del desempeño del sistema experto y la evaluación de la utilidad del sistema desarrollado, incluida la evaluación del costo, beneficio, accesibilidad y aceptación del sistema.

2.4 Método *Forward Chaining*.

Para Gupta et al. (2020) existen dos métodos de ejecución para un sistema de reglas: el *forward chaining* (el sistema de regla elegido para la presente investigación) y el *backward chaining*. El método de *Forward Chaining* o encadenamiento hacia adelante (o razonamiento hacia adelante) es uno de los dos métodos principales de razonamiento cuando el motor de inferencia es utilizado. El método *Forward Chaining* es una estrategia de implementación popular para sistemas expertos, sistemas comerciales y de reglas de producción.

El método *Forward Chaining* es un razonamiento "impulsado por datos", el cual pasa de los hechos a la conclusión. Es decir, se avanza con hechos que son afirmados en la memoria de trabajo, lo que da como resultado que una o más reglas sean simultáneamente verdaderas. En resumen, es necesario empezar con un hecho, para luego propagarlo y

terminarlo en una conclusión. En el método *Forward Chaining*, solo es necesario evaluar las reglas superiores, y cada activación de una regla agrega un hecho nuevo a la memoria de trabajo. Este proceso es detenido cuando no quedan más reglas para agregar. Los motores de inferencia iteran a través de este proceso hasta que un objetivo es alcanzado (Gupta et al. 2020).

2.4.1 Algoritmo *Forward Chaining*

El algoritmo de razonamiento *Forward Chaining* se entiende de la siguiente forma:

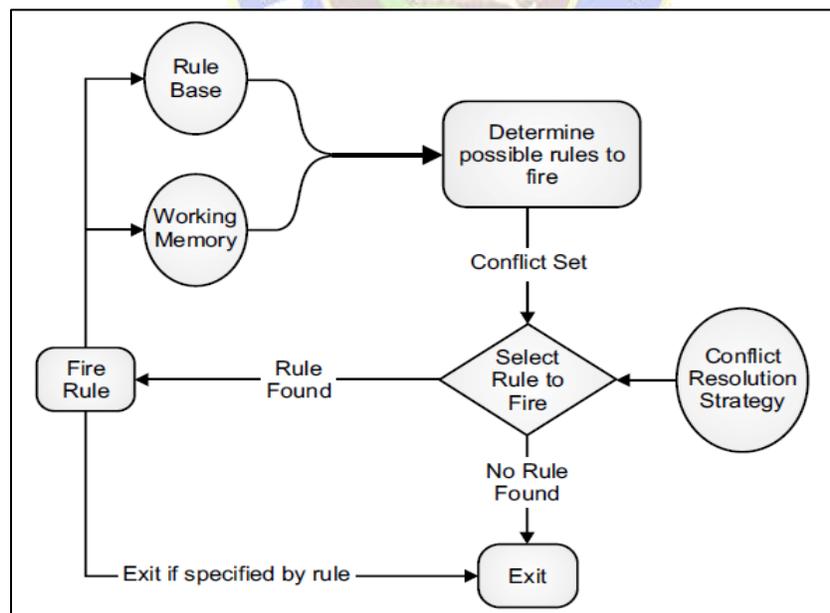
while (no se realiza una nueva afirmación) **and** (sin resolver)

For (cada regla) **and** (para cada posible vínculo)

- Tratar de respaldar las condiciones de la regla a partir de hechos conocidos
- Si todo es compatible, entonces afirma el consecuente

La siguiente Figura 2.5 ilustra el proceso a seguir para ejecutar el algoritmo de razonamiento *Forward Chaining*.

Figura 2.5 Proceso de ejecución del algoritmo de razonamiento *Forward Chaining*



Fuente: Gupta et al. (2020)

2.5 Lógica Difusa.

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

La lógica difusa es un conjunto de principios matemáticos para la representación del conocimiento basados en los grados de pertenencia más que en la pertenencia de la lógica binaria clásica. La lógica difusa es una lógica utilizada para describir la imprecisión o la vaguedad. La lógica difusa está basada en la idea de que todas las cosas tienden a verse como grados.

La lógica difusa es una metodología de sistema de control de resolución de problemas utilizados en sistemas que van desde microcontroladores simples, pequeños e integrados hasta sistemas de control y adquisición de datos de gran tamaño, en red, multicanal, basados en PC o estaciones de trabajo.

La lógica difusa es implementada en hardware, software o una combinación de ambos. La lógica difusa proporciona una forma sencilla de llegar a una conclusión definitiva basada en información de entrada vaga, ambigua, imprecisa, ruidosa o faltante. El enfoque de la lógica difusa para controlar los problemas imita cómo una persona tomaría decisiones, solo que mucho más rápido.

La teoría difusa proporciona un mecanismo para representar construcciones lingüísticas como muchas, bajas, medias o frecuentes, como se ilustra en la Figura 2.6.

Figura 2.6 Un sistema de lógica difusa que acepta datos imprecisos y declaraciones vagas como baja o media.



Fuente: Gupta et al. (2020)

2.5.1 Conjunto difuso.

La teoría de conjuntos difusos es diferente de la teoría de conjuntos clásica, debido a que los elementos de un conjunto difuso admiten cierto grado de pertenencia, es decir, cuánto pertenece un elemento al conjunto, por ejemplo, el conjunto de hombres altos. ¿Qué significa ser alto? La altura es relativa. Como término descriptivo, "alto" es muy subjetivo y depende del contexto en el que es utilizado. Incluso un hombre de cinco pies y siete pulgadas es considerado "alto" cuando está rodeado de personas más bajas que él. Es imposible dar una definición clásica para el subconjunto de hombres altos. Sin embargo, se establece hasta qué punto un hombre tiende a considerarse alto. Esto es logrado mediante la función de pertenencia $(\mu_A(x))$.

Donde:

$$(\mu_A(x)) = y$$

- Una persona x pertenece en cierta estatura (" y ") al subconjunto A .
- " y " es el grado en que la persona x es alto.

$$(\mu_A(x)) = 0$$

- La persona x no pertenece al subconjunto de A .

$$(\mu_A(x)) = 1$$

- La persona x definitivamente pertenece al subconjunto de A .

Un conjunto difuso es definido matemáticamente asignando a cada posible individuo en el universo de discurso un valor que represente el grado de pertenencia al conjunto difuso.

Es decir:

Un conjunto difuso es un par (U, m) , donde U es un conjunto y $m: U \rightarrow [0, 1]$.

Para cada $x \in U$, el valor $m(x)$ es denominado como grado de pertenencia de x en (U, m) .

Para un conjunto finito $U = \{x_1, \dots, x_n\}$, el conjunto difuso (U, m) a menudo es denotado por: $\{m(x_1)/x_1, \dots, m(x_n)/x_n\}$.

Si $x \in U$, x es llamado no incluido en el conjunto difuso (U, m) . Si $m(x) = 0$, x es llamado totalmente incluido. Si $m(x) = 1$, es llamado miembro difuso si $0 < m(x) < 1$.

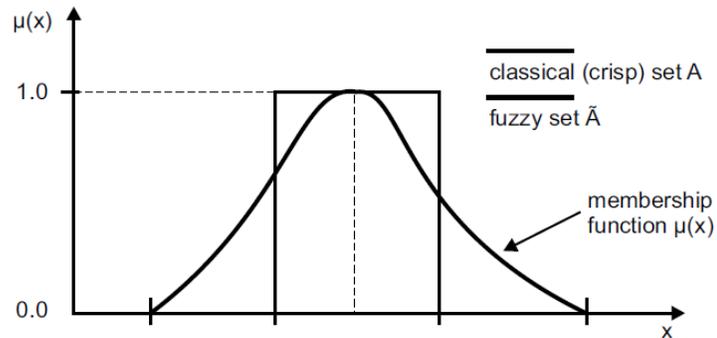
2.5.2 Función de pertenencia del conjunto difuso.

La función de pertenencia de un conjunto difuso es una generalización de la función de indicador en conjuntos clásicos. En lógica difusa (véase Figura 2.7), representa el grado de verdad como una extensión de la valoración. Los grados de verdad a menudo son confundidos con probabilidades, aunque son conceptualmente distintos, porque la verdad difusa representa la pertenencia a conjuntos vagamente definidos, no la probabilidad de algún evento o condición. Las funciones de pertenencia fueron introducidas por Zadeh en el primer artículo sobre conjuntos difusos (1965).

Para cualquier conjunto X , una función de pertenencia en X es cualquier función desde X hasta el intervalo unitario real $[0,1]$. Las funciones de pertenencia en X representan subconjuntos difusos de X . La función de pertenencia que representa un conjunto difuso \tilde{A} generalmente denotado por μ_A . Para un elemento x de X , el valor $\mu_A(x)$ es denominado grado de pertenencia de x en el conjunto difuso \tilde{A} . El grado de pertenencia $\mu_A(x)$ cuantifica el grado de pertenencia del elemento x al conjunto difuso \tilde{A} . El valor 0 significa que x no es miembro del conjunto difuso; el valor 1 significa que x es completamente

miembro del conjunto difuso. Los valores entre 0 y 1 caracterizan a los miembros difusos, que pertenecen al conjunto difuso sólo parcialmente.

Figura 2.7 La función de pertenencia de la lógica nítida y difusa



Fuente: Olmo (2015)

- a) **Definición:** La función de pertenencia para un conjunto difuso A en el universo del discurso X es definido como $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, donde cada elemento de X se asigna a un valor entre 0 y 1. Este valor, llamado el valor de pertenencia o grado de pertenencia, cuantifica el grado de pertenencia del elemento en X al conjunto difuso A.

Las funciones de pertenencia permiten representar gráficamente un conjunto difuso. El eje x representa el universo del discurso, mientras que el eje y representa los grados de pertenencia en el intervalo $[0,1]$. Las funciones simples son utilizadas para crear funciones de pertenencia. Debido a la definición de conceptos difusos, el uso de funciones más complejas no agrega más precisión.

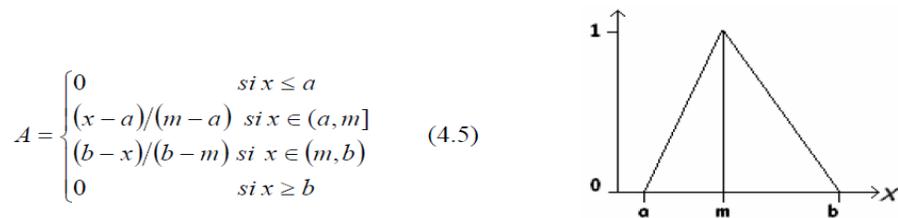
- i. La función de pertenencia define completamente el conjunto difuso.
- ii. Una función de pertenencia proporciona una medida del grado de similitud de un elemento con un conjunto difuso.
- iii. Las funciones de pertenencia tienden a tomar cualquier forma, pero hay algunos ejemplos comunes que aparecen en aplicaciones reales.

- iv. Las funciones de pertenencia representan distribuciones de posibilidad en lugar de probabilidad. Por ejemplo, el conjunto difuso "Joven" expresa la posibilidad de que un individuo determinado sea joven. Las funciones de membresía a menudo son superpuestas entre sí. Un individuo dado tiende a pertenecer a diferentes conjuntos difusos (con diferentes grados).

Dentro de las funciones de pertenencia existen ciertas funciones que son comúnmente utilizadas por la simplicidad matemática que tienen, entre estas se encuentran las funciones de tipo triangular, trapezoidal, gaussiana.

- **Función triangular:** Definido por los límites inferior (a) y superior (b), y el valor modal (m), tal que $a < m < b$

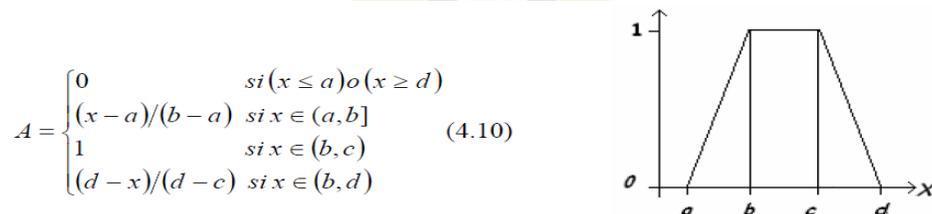
Figura 2.8 Función de pertenencia triangular



Fuente: Olmo (2015)

- **Función trapezoidal:** Definida por sus límites inferior a , superior d , y los límites de soporte inferior b y superior c , tal que $a < b < c < d$. En este caso, si los valores de b y c son iguales, se obtiene una función triangular. como se observa en la Figura 2.9.

Figura 2.9 Función de pertenencia Trapezoidal

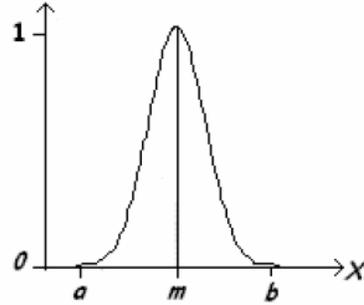


Fuente: Olmo (2015)

- **Función gaussiana:** Definida por su valor medio m y el parámetro $k > 0$. Esta función es la típica campana de Gauss y cuanto mayor es el valor de k , más estrecha es dicha campana (véase Figura 2.10).

Figura 2.10 Función de pertenencia gaussiana

$$A = e^{-k(x-m)^2} \quad (4.9)$$



Fuente: Olmo (2015)

2.5.3 Variables lingüísticas.

Las variables lingüísticas, según Gupta et al. (2020), son variables difusas con sus respectivas sintaxis y semánticas válidas. Una variable lingüística es definida como variables cuyos valores tienden a ser frases, palabras, entre otros, en un lenguaje natural o artificial. Cabe señalar también que es necesario utilizar conjuntos difusos y variables lingüísticas para cuantificar el significado del lenguaje natural, para luego lograr manipular de manera eficiente dicha cuantificación.

Cabe recalcar que, a cada variable lingüística se le asigna uno o más valores lingüísticos, que a su vez están conectados a un valor numérico a través del mecanismo de funciones de pertenencia.

Una variable lingüística está conformada por cinco elementos $(x, U, T(x), G, M)$, donde:

- x es el nombre de la variable;
- U es el universo de discurso;

- $T(x)$ es el conjunto de términos de x , es decir, el conjunto de nombres de valores lingüísticos de x , siendo cada valor un número difuso definido en U .
- G es una regla sintáctica para generar los nombres de los valores de x .
- M es una regla semántica para asociar cada valor con el significado correspondiente.

2.5.4 Controlador difuso.

Un sistema de control difuso es aquel sistema en el que la lógica difusa está introducida en un sistema de control que lo hace diferente de los sistemas de control convencionales. Es bien sabido que los seres humanos tienen el conocimiento de cómo controlar un sistema de control, por lo que al convertir el conocimiento humano en reglas, se crea un sistema de control difuso.

Los sistemas de control difuso proporcionan una técnica para representar, manipular e implementar el conocimiento heurístico de un ser humano sobre cómo controlar un sistema.

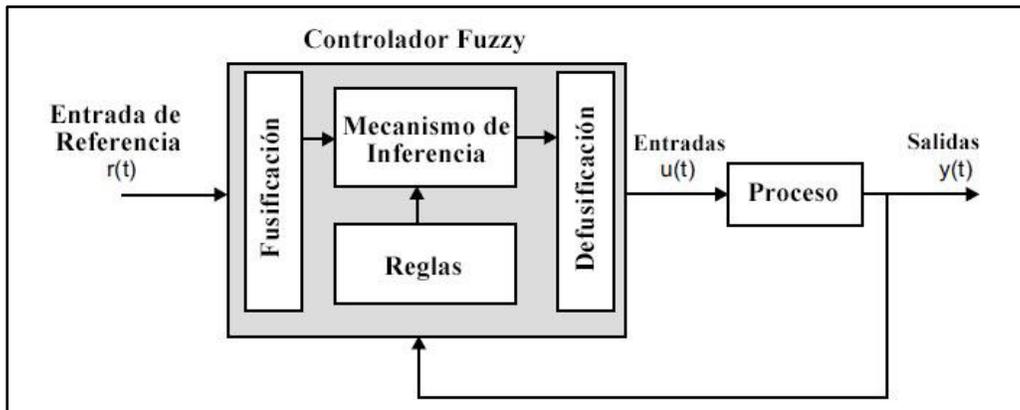
En un sistema de control difuso, el conocimiento experto humano, en forma de reglas difusas, es utilizado para diseñar el controlador para manipular un proceso complejo. Es decir, las reglas difusas, el razonamiento aproximado y las variables lingüísticas difusas son utilizados para diseñar un controlador difuso.

Los conceptos de lógica difusa proporcionan una forma eficiente e ingeniosa de resolver procesos de control complejos (Gupta et. al., 2020).

2.5.5 Componentes de un controlador difuso.

Los componentes de un controlador difuso son cuatro: La base de reglas difusas, el mecanismo de inferencia, la interfaz de Fusificación y la interfaz de Defusificación, como se ilustra en la siguiente Figura 2.11.

Figura 2.11 Arquitectura del Controlador Difuso



Fuente: Gupta et al. (2020)

2.5.5.1 Base de reglas difusas.

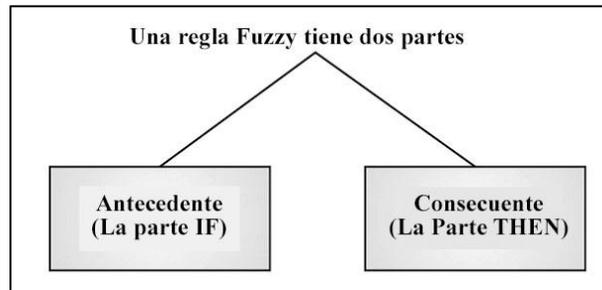
Gupta et al. (2020) aseveran que una regla difusa es la unidad básica para capturar el conocimiento en un sistema difuso.

Es la columna vertebral de un sistema de inferencia difusa y es la herramienta de modelado más importante basada en la teoría de conjuntos difusos. Además, una regla difusa es una sentencia condicional que tiene la estructura Si-Entonces (*if-Then*) (véase Figura 2.12), siendo el conjunto de reglas de un sistema difuso conocido como base de reglas o base de conocimiento del sistema.

La premisa de la regla (condición), es conocida como antecedente, mientras que la consecuencia es conocida consecuente, a su vez, la consecuencia de una regla tiende a ser un conjunto difuso, un punto difuso o una función de pertenencia de las entradas.

En los sistemas de reglas clásicos si el antecedente es cierto el consecuente también lo será, mientras que en sistemas difusos, donde el antecedente es difuso, todas las reglas son ejecutadas parcialmente y el consecuente es cierto en determinado grado.

Figura 2.12 Partes de la Regla difusa



Fuente: Gupta et al, (2020)

Una regla difusa es definida como una declaración condicional de la siguiente forma:

SI x es A

ENTONCES y es B

Aquí, " x es A " es denominada *antecedente* o premisa.

" y es B " es denominado *consecuente* o conclusión.

En este ejemplo, x , y son variables lingüísticas; A y B son los valores lingüísticos determinados por conjuntos difusos sobre el universo de los discursos X e Y , respectivamente.

2.5.5.2 Interfaz de Fusificación.

Esta interfaz de Fusificación modifica las entradas para ser interpretadas y comparadas con las reglas de la base de reglas. El difusor transforma los datos nítidos (*crisp*) medidos nítidos (por ejemplo, la velocidad es de 10 mph) en valores lingüísticos adecuados (es decir, en los conjuntos difusos, por ejemplo, la velocidad es demasiado lenta).

Esta interfaz de Fusificación también convierte las entradas del controlador en un conjunto difuso que el mecanismo de inferencia utiliza con facilidad para activar y aplicar las reglas. En este paso, los datos difusos son utilizados con el fin de crear valores de pertenencia para esos datos y ubicarlos en el conjunto difuso. En otras palabras, el proceso de fuzzificación es el acto de obtener un valor de una variable de entrada (por ejemplo, e

(t)) y encontrar los valores numéricos de las funciones de pertenencia que están definidas para esa variable (Gupta et al. 2020).

2.5.5.3 Interfaz de Defusificación.

La Defusificación es la última interfaz de la arquitectura del controlador difuso. Utiliza las conclusiones obtenidas del motor de inferencia (el conjunto difuso implícito) y convierte las conclusiones alcanzadas por el mecanismo de inferencia en las entradas al sistema.

Por lo tanto, la Defusificación funciona en los conjuntos difusos implícitos que son producidos por el motor de inferencia y combina los efectos para proporcionar la salida del controlador “más segura”. En el control de Defusificación, la salida se refiere a la acción de control. Esta etapa es necesaria porque el conjunto borroso de salida para estos sistemas no es directamente utilizable. Para dar una información precisa al operador o mandar un accionador, es necesario pasar del mundo borroso al mundo real (Gupta et al., 2020).

2.5.5.4 Motor de inferencia (Mecanismo de inferencia).

En el motor de inferencia, las reglas de control, almacenadas en la base de reglas, son evaluadas para determinar qué reglas de control son relevantes en el momento y cuál debería ser la entrada a la planta. En otras palabras, la capacidad de realizar una decisión por parte del mecanismo del experto para controlar un sistema es emulado. En el razonamiento aproximado, la generalización del modus ponendo ponens juega un papel importante

2.6 Alimentación durante el embarazo.

- **Características Fisiológicas**

El embarazo es un estado de la mujer, en el que se producen cambios fisiológicos y metabólicos, los que determinan la necesidad de energía y nutrientes para la formación de tejidos maternos y el trabajo necesario para mover la masa corporal adicional, así como para el crecimiento y desarrollo del feto.

Es sabido que el embarazo es un periodo en el que los requerimientos de nutrientes son proporcionalmente más altos, lo que hace que las embarazadas sean uno de los grupos más vulnerables a la deprivación nutricional.

El producto de la gestación dependerá de los nutrientes transferidos por la madre para un adecuado crecimiento. Asimismo, el peso al nacer estará dado por el estado nutricional de la mujer antes y durante el embarazo.

Son tres las formas por las que una mujer embarazada proporcionar nutrientes a su organismo y al feto, la más frecuente es mediante una dieta adecuada en calidad y cantidad, que garantice una digestión, absorción y transporte normales hacia la circulación materna y transferencia normal de los elementos nutricionales de la madre al feto a través de la placenta, lo que va a requerir de una amplia concentración de nutrientes en el lado de la madre, sin estos componentes esenciales se produce un cierto retraso en el crecimiento fetal intrauterino. Una segunda forma, la provisión de nutrientes se da de la forma por vía enteral o parenteral, incluso por períodos prolongados, ya sea para sustituir o aumentar esta provisión. Una tercera forma, menos deseable, es la movilización de las reservas corporales maternas para obtener calorías, proteínas minerales y vitaminas necesarias para el crecimiento y desarrollo del feto.

- **Necesidades de energía y nutrientes.**

- **Energía**

El costo energético del embarazo ha sido estimado en 80,000Kcal totales, que divididas entre los nueve meses de embarazo (270 días aproximadamente) significa un incremento promedio de 285 Kcal por día, estas son distribuidas en 150 Kcal/día durante el primer trimestre y 350 Kcal/día durante el segundo y tercer trimestre. Sin embargo, con fines prácticos de cálculo la Tabla de Recomendaciones para Bolivia, considera un incremento de 285 Kcal durante todo el embarazo.

Estas estimaciones parten del supuesto de que la mujer embarazada tiene un peso adecuado para su talla y no consideran condiciones en las cuales aumenta el gasto

energético, tales como proceso de crecimiento materno como sucede en adolescentes embarazadas y como es el caso de intensa actividad física, o embarazo gemelar, los cuales requieren mayor incremento energético.

- **Proteínas**

El aumento total de proteínas durante el embarazo, calculado por los sitios de depósito de proteínas en la madre y en el feto alcanza en promedio 925g. (2,3), sin embargo la tasa de acumulación no es constante, por ello se aconseja una dosis suplementaria de 1.2g, 6.1g, y 10.7g por día en el primero, segundo y tercer trimestre respectivamente; algunos autores aseguran que la mayor acumulación se da en los tres primeros meses, con lo que la distribución resulta arbitraria. Tomando en cuenta la calidad o utilización biológica de la proteína, la cual es dada por la concentración de aminoácidos esenciales, las proteínas de origen animal son consideradas óptimas, por lo que una proporción de 30 a 50% de origen animal es lo recomendado.

- **Vitaminas y Minerales**

Actualmente es recomendable que si la mujer tiene una ingesta adecuada no necesitará suplementación con vitaminas ni minerales, a excepción del hierro y del ácido fólico, los cuales se aconseja administrar en forma sistemática a todas las embarazadas.

- **Valoración del estado nutricional de la embarazada.**

- **Indicadores del estado nutricional materno.**

- **Peso preconcepcional.** Uno de los factores que influye en el estado nutricional de la embarazada es el peso preconcepcional, incluso en forma independiente del incremento de peso materno, asimismo este es el mejor predictor del peso del niño al nacer y se correlaciona significativamente con el peso fetal.

Cuando una mujer con bajo peso pregestacional presenta un insuficiente incremento de peso durante la gestación presenta un riesgo elevado de dar a luz

infantes con bajo peso al nacer. La obesidad pregestacional también es un factor de riesgo de resultados gestacionales desfavorables, tales como mortalidad perinatal, fetos macrosómicos y enfermedades maternas (hipertensión y preeclampsia) cuando se combinan especialmente la obesidad de la madre con un excesivo incremento de peso.

Las mujeres con peso pregestacional muy bajo necesitan ganar peso de manera considerable durante el embarazo, por lo que deben hacerse los esfuerzos necesarios por aumentar el peso pregestacional de tal forma que las madres no inicien la gestación con esta desventaja.

- **Talla materna.** La Organización Mundial de la Salud refiere la talla de la madre como predictor de riesgo de retardo de crecimiento uterino, cuando se encuentra entre valores de 140 a 150 cm. Sin embargo el pronóstico es diferente si depende de una baja talla genética o es resultado de una historia nutricional deficitaria de la madre.

Cuando la talla baja es de origen familiar el riesgo se da en complicaciones en el parto por una desproporción cefalopélvica. Los estudios realizados señalan que los recién nacidos de bajo peso para la edad clasifican como adecuados cuando se ajustan por talla materna.

Contrariamente cuando la talla baja se debe a una historia nutricional deficitaria se incrementa el riesgo de un lento crecimiento y desarrollo fetal, que da como resultado un niño pequeño para la edad gestacional.

- **Incremento de peso materno.** El peso promedio total que aumenta una mujer durante el embarazo es de aproximadamente 12.5 Kg. con una tasa promedio de aumento de 0.5 Kg. por semana. Este aumento de peso debido a la formación de nuevos tejidos, reserva de nutrientes y los cambios metabólicos que se dan durante el embarazo implica un incremento de los requerimientos nutricionales.

El crecimiento fetal no depende únicamente de la disponibilidad de nutrientes de la dieta, siendo el transporte de los nutrientes a través de la placenta igualmente importante. El gasto cardiaco y el flujo circulatorio disminuye por efecto de la desnutrición crónica de la madre o la desnutrición aguda durante el embarazo específico, esto conduce a una menor disponibilidad del nutriente, lo que limitaría el crecimiento fetal.

El segundo trimestre de gestación se caracteriza por un rápido aumento del crecimiento fetal, principalmente en sentido lineal y la adquisición de nuevas funciones. Durante el tercer trimestre el crecimiento del feto afecta de modo especial el tejido subcutáneo y la masa muscular.

El mayor crecimiento en talla se produce antes del nacimiento y alcanza su pico más alto a las 20 semanas de gestación y el mayor crecimiento en peso se da entre las semanas 30 y 40.

Este comportamiento de crecimiento fetal orienta sobre las intervenciones nutricionales a aplicar en la madre embarazada para lograr un estado nutricional óptimo en la madre y en el producto de gestación.

2.6.1 Anemia en el embarazo.

Se define a la anemia como la disminución en la concentración de la hemoglobina circulante respecto a los valores límites considerados normales, de acuerdo a la edad, al sexo, al estado fisiológico y la altitud donde se radica.

Entre sus causas más comunes de la anemia se destacan, la deficiencia de hierro, ácido fólico y, con menor frecuencia, vitamina B12. La función de los hematíes es transportar oxígeno a los tejidos. En términos fisiológicos se define como una reducción de la capacidad en consecuencia de un déficit de hematíes, también llega a ser una disminución por debajo de los límites normales de los hematíes circulantes.

Es importante señalar que la retención de líquidos tiende a expandir el volumen plasmático y que la pérdida de líquido lo concentra ocasionando falsas alteraciones en los valores utilizados en los hospitales.

La necesidad de abastecer el nuevo territorio hemático originado por la placenta provoca durante la gravidez una elevación progresiva del volumen sanguíneo y a expensas del plasma que comienza a partir de la décima semana hasta las 30 a 34 semanas, llega a estabilizarse luego hasta el término del embarazo.

El hematocrito cae del 40% a valores entre el 33% y el 36%, la vida media de los eritrocitos no son modificados. Aumenta el porcentaje de reticulocitos el recuento de los glóbulos rojos alcanza valores cercanos a los 3.500.000/ml³. El hierro es uno de los elementos orgánicos de más difícil reposición, existen importantes depósitos de hierro en el organismo de recuperación: médula ósea, hígado, bazo. En mujeres bien nutridas esta movilización del hierro reduce los valores de hemoglobina hasta en 11% pero en embarazadas con depósitos escasos de hierro se producirá el cuadro de anemia hipocrómica.

Debe tenerse en cuenta que el 30% de las embarazadas no tienen reservas adecuadas de hierro. La determinación de ferritina sérica, de 50 a 60 mg/ml valores por debajo de 12mg/ml indican agotamiento de las reservas.

El criterio para determinar anemia, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, es de hemoglobina menor de 12 g/dL. Sin embargo, según el ajuste realizado por la autora Fernández Veizaga, A. (2013) refiere al departamento de La Paz con una altitud aproximada de 3.800 msnm se considera anemia si la hemoglobina es menor a 14 g/dL.

Esta deficiencia afecta fundamentalmente a los grupos en los que las necesidades fisiológicas están aumentadas como son las mujeres embarazadas, los niños, en especial los lactantes; porque poseen características que los hacen marcadamente susceptibles a dicha carencia.

La anemia como se dijo es la alteración hematológica que se diagnostica con más frecuencia durante el embarazo. Un 56% de las mujeres embarazadas son anémicas, según el grupo geográfico y socioeconómico que se estudie.

La prevalencia de esta patología aumenta entre las mujeres de países en vías de desarrollo y en las mujeres de bajo nivel socioeconómico, ligado fundamentalmente a factores nutricionales y a la falta de asistencia prenatal.

Los signos y síntomas más comunes de la anemia son: palidez, fatiga, anorexia, debilidad, abulia, disnea y edema. En el embarazo es muy común presentar algún tipo de anemia. Entre sus causas más frecuentes se presentan:

- La carencia de hierro y la talasemia, entre las anemias microcíticas.
- En las anemias macrocíticas, la deficiencia de folato.
- También se atribuye a la falta de hierro y folatos. (anemia mixta).

2.6.2 Tipos de anemias durante el embarazo

Como consecuencia de los cambios fisiológicos del embarazo y de las necesidades del feto en desarrollo, la anemia es más frecuente durante la gestación, que en la mujer no embarazada. La grávida anémica y su futuro hijo están frecuentemente expuestos a complicaciones, algunas de ellas graves, lo que la sitúa en la categoría de alto riesgo.

La anemia empeora el pronóstico de las mujeres que sangran durante el embarazo, por lo que contribuye a la morbilidad y mortalidad de las madres. También, aunque durante el embarazo hay una distribución preferencial del hierro hacia el feto, la anemia severa de la madre se encuentra asociada con el bajo peso al nacer y parto pre término.

Durante la gestación, es necesario tomar en cuenta que las anemias que acompañan al embarazo, son agrupadas en 2 categorías:

- Directamente relacionadas con la gestación:

- i. Ferropénicas:** Las anemias Ferropénicas del embarazo son pobres en signos y, por lo regular, son asintomáticas; son observables en la palidez cutánea mucosa y cierta tendencia a la fatiga. Las formas más severas presentan un síndrome anémico dado por: laxitud, "cansancio de muerte", irritabilidad, astenia, nerviosismo, cefalea, anorexia y otros.

En los casos de anemias muy severas existen manifestaciones digestivas, circulatorias y del sistema neuromuscular. Entre ellas se tiene: alteraciones del apetito, pirosis, ardor lingual y bucal, flatulencia, constipación y es posible la aparición de glositis. En ocasiones, existen manifestaciones de insuficiencia cardíaca y cardiomegalia. A veces, las pacientes tienen dolores de tipo neurálgico, adormecimiento de las extremidades, sensación de hormigueo, trastornos vasomotores y otros.

Al realizar el examen físico, se detecta palidez cutáneo mucosa; las uñas de las manos, y a veces las de los pies, aparecen opacas y sin brillo, y se rompen con facilidad. Con frecuencia, la auscultación permite escuchar soplos anémicos funcionales.

- ii. Megaloblásticas:** Durante el embarazo existe un aumento de las necesidades de ácido fólico y vitamina B12 para la síntesis del ADN y del ARN, debida al rápido crecimiento celular del embrión y del feto en desarrollo. La anemia megaloblástica del embarazo es causada por deficiencia de ácido fólico, no de vitamina B12.

La gestante también tiende a sufrir una deficiencia de ácido ascórbico, que se asocia con la de ácido fólico

- iii. Hipoplásticas:** La anemia Hipoplásticas está relacionada directamente con el embarazo, y es considerado por algunos como una manifestación de toxemia. Es rara y de gravedad variable, tiene remisiones parciales o completas, y en

algunas ocasiones, desaparece espontáneamente después del parto. Provoca muerte fetal y parto pre término

- Sin relación directa con la gestación:
 - i. Anemias por hemáties falciformes.
 - ii. Otras anemias hemolíticas y raras

Para la presente investigación se diagnosticará el tipo de anemia Ferropénica que están directamente relacionadas con la gestación.

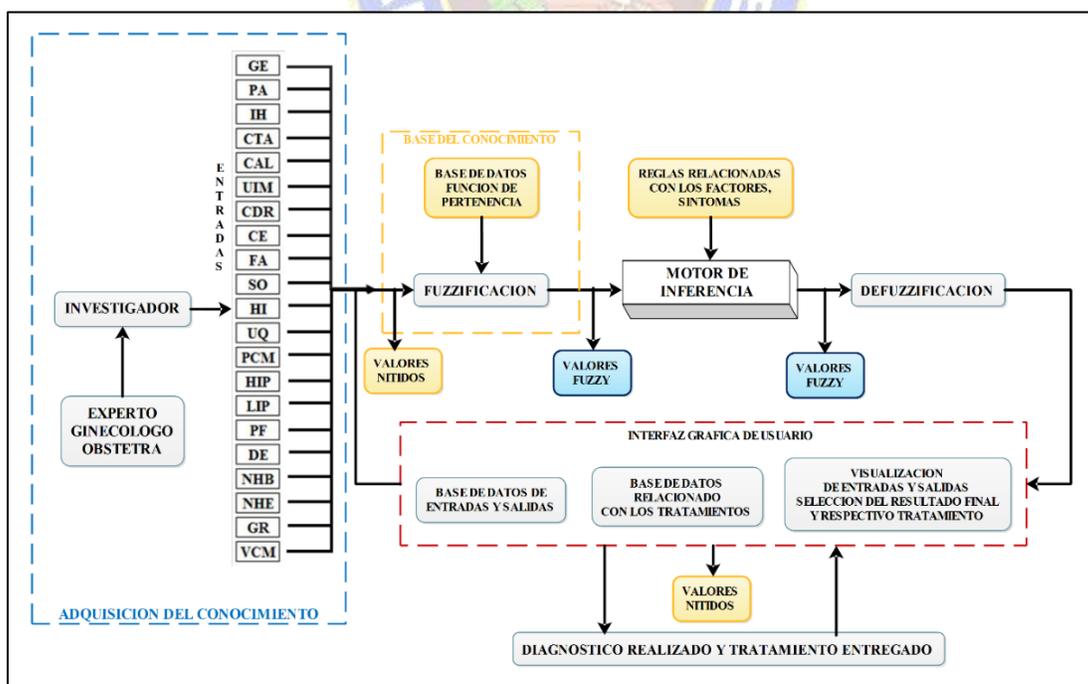


CAPÍTULO III MARCO APLICATIVO

3.1 Modelo conceptual del prototipo de Sistema Experto propuesto.

El presente apartado describe la práctica y puesta en marcha de las fases proporcionadas por la metodología de Buchanan para el desarrollo de un prototipo de Sistema Experto que permita obtener un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, el cual consiste en analizar y estructurar el conocimiento obtenido por el experto, coadyuvando en desarrollar la base de conocimiento, el motor de inferencia y el prototipo propiamente dicho, basado en la contextualización teórica planteada en el capítulo II de forma general. Adoptando, también, los objetivos principales para el presente trabajo de investigación. Para tal hecho, la presente investigación plantea un modelo genérico teórico propuesto para el desarrollo del prototipo de Sistema Experto para el diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia en el periodo de gestación, como se ilustra en la Figura 3.1.

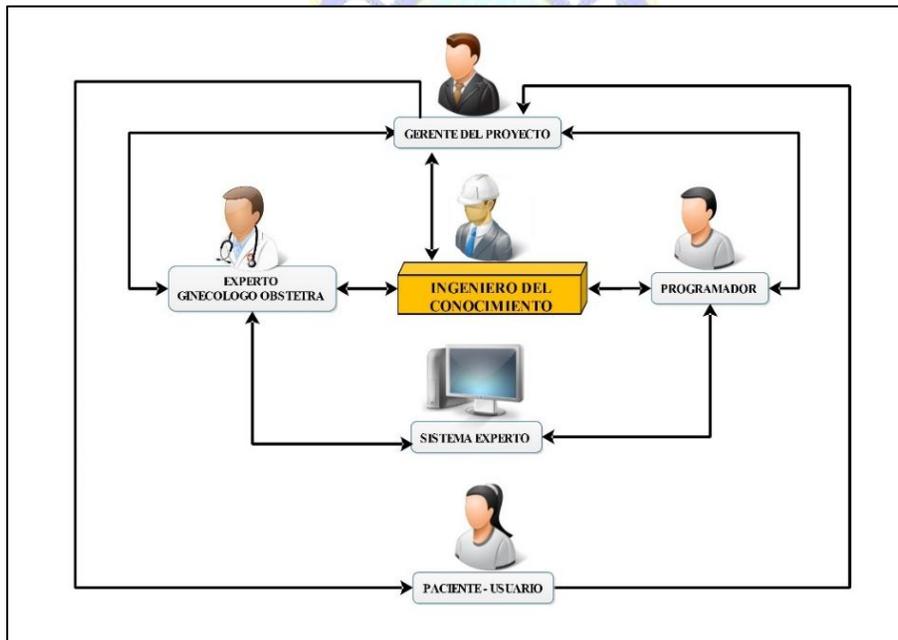
Figura 3.1 Modelo genérico teórico propuesto para el desarrollo del prototipo de SE



3.2 Fase de Identificación.

La fase de identificación inicia primeramente con la identificación de los actores involucrados en el desarrollo del prototipo del Sistema Experto (véase Figura 3.2), el cual está compuesto por: el experto Ginecólogo Obstetra, gerente de proyecto, el ingeniero de conocimiento, el programador y la paciente (usuario).

Figura 3.2 Componentes que intervienen en el diseño del Sistema Experto



- El gerente del proyecto, es el responsable de gestionar el desarrollo general del Sistema Experto. Este rol será desarrollado por el autor del presente trabajo de investigación, el cual pondrá en marcha el proyecto y coordinará con el resto de los integrantes del equipo de desarrollo.
- El experto Ginecólogo Obstetra, es el encargado de asesorar a través del conocimiento especializado adquirido por el mismo, al Ingeniero de conocimiento acerca del diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia en el periodo de gestación. En otras palabras, el lugar del experto en cuanto al diagnóstico de un cuadro de anemia en el periodo de gestación, será realizado por un profesional

médico Ginecólogo Obstetra el cual está encargado de atender a las mujeres en el periodo del embarazo, además también se contará con la ayuda de un profesional médico general. Ambos profesionales aportarán a la investigación a través del conocimiento y las experiencias adquiridas, por ambos, en el área tratada.

Además, proveerán datos estadísticos que serán de vital importancia en la etapa de implementación.

- El ingeniero del conocimiento es el encargado de crear y organizar un sistema de adquisición de conocimiento, con la respectiva base de conocimiento, a partir de la captación e interrogación de la experiencia previa del experto Ginecólogo Obstetra.
- El programador, es responsable de utilizar el lenguaje de programación necesario y elegido por el ingeniero del conocimiento para codificar la información adquirida
- La paciente o usuario es la encargada de aportar ideas al Sistema Experto, ejemplificando el escenario en que deberá ser aplicado el sistema.

Seguidamente, una vez identificado a los actores es necesario obtener el conocimiento tácito necesario en base a observaciones, entrevista con el experto, protocolo de análisis, y lecturas de investigaciones científicas,

3.3 Fase de conceptualización.

La conceptualización es la organización del conocimiento adquirido con el experto, lo cual consiste básicamente en el entendimiento del dominio del problema y de la terminología usada. La conceptualización permite conformar un esquema conceptual o mapa mental de los diferentes conocimientos del experto y dar solución del problema que es de su competencia en este caso del diagnóstico y el estado de la paciente.

El objetivo es establecer el modo en que se van a utilizar los conocimientos adquiridos a través del experto de tal forma se obtiene un conocimiento más profundo del problema y se le empieza a dar forma de tal modo que se obtenga un mayor de detalle del mismo para que el sistema sea capaz de solucionar con mayor facilidad.

Cabe aclarar que durante el embarazo, la anemia es un problema de salud pública, por las complicaciones que genera. Al inicio se asocia con riesgo mayor de parto pretérmino, bajo peso del recién nacido, menor desarrollo psicomotor y neuroconductual, así como mortalidad perinatal. En la mujer gestante es notoria la fatiga, debilidad, malestar, depresión y mayor frecuencia de infecciones.

3.3.1 Adquisición del conocimiento.

La adquisición de conocimiento es muy importante para la elaboración del Sistema Experto. La misma consiste en el entendimiento del problema, el análisis de la investigación realizada sobre el tema en cuestión.

En la presente Investigación, el conocimiento acerca del diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia en el periodo de gestación será realizado en base a dos etapas de adquisición del conocimiento.

Donde, una primera etapa de adquisición del conocimiento estará basada principalmente en las entrevistas, como técnica de recolección de información, realizadas a los profesionales en el área, en función al propósito de la investigación.

Una segunda etapa de adquisición de conocimiento, estará basada principalmente en la extracción de la información en función a la literatura que trate tópicos acerca de la anemia en el periodo de gestación, como ser: libros, artículos, y demás fuentes de información.

i) Conocimiento adquirido en función a los expertos en el área.

El desarrollo de las entrevistas realizadas a los expertos en el área informantes, conjuntamente con las declaraciones de apoyo.

En cuanto al cuadro clínico de la anemia más frecuente durante el periodo de gestación en el tercer trimestre, la respuesta del Experto Médico se observa en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Pregunta Nro. 1 a Experto Médico 1

PREGUNTA Nro. 1	
E:	¿Cuál el cuadro clínico de anemia más frecuente en el tercer trimestre del periodo de gestación?
EM1:	A pesar de que existen una infinidad de cuadros clínicos de anemias durante la gestación. Las mismas que tienden a estar presente en el tercer trimestre de la gestación, la anemia más frecuente en ese periodo, de acuerdo a la patogenia, es la anemia Ferropénica.
E = Entrevistador; EM1 = Experto Medico 1	

En cuanto al cuadro a cerca de la clasificación clínica de la anemia durante el periodo de gestación en el tercer trimestre, la respuesta del Experto Médico se observa en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Pregunta Nro. 2 al Experto Médico 1

PREGUNTA Nro. 2	
E:	¿Cómo se clasifica clínicamente la anemia Ferropénica en el periodo de gestación?
EM1:	Según la gravedad clínica la anemia está clasificada en: <ul style="list-style-type: none">* Leve* Moderada* Severa
E = Entrevistador; EM1 = Experto Medico 1	

En cuanto a los síntomas que presenta una paciente en un cuadro clínico de anemia Ferropénica leve durante el periodo de gestación en el tercer trimestre, la respuesta del Experto Médico se observa en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Pregunta Nro. 3 al Experto Médico 1

PREGUNTA Nro. 3	
E:	¿Cuáles son los síntomas que presenta una anemia Ferropénica leve?
EM1:	Al momento de diagnosticar la una anemia leve se busca estos síntomas: Cefalea, Fatiga, Somnolencias y Uñas quebradizas. Además contrastando con los niveles de hemoglobina que debe estar por encima de los 14 gr/dL conjuntamente con los niveles de hematocritos, los cuales deben estar por debajo del 35 gr/dL Asi cono tambien, los Glóbulos rojos debe estar por debajo 3gr/dL y el volumen corpuscular medio también por debajo del 75%.
E = Entrevistador; EM1 = Experto Medico 1	

En cuanto a los síntomas que presenta una anemia Ferropénica Moderada durante el periodo de gestación en el tercer trimestre, la respuesta del Experto Médico se observa en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Pregunta Nro. 4 al Experto Médico 1

PREGUNTA Nro. 4	
E:	¿Cuáles son los síntomas que presenta una anemia Ferropénica moderada?
EM1:	Al momento de diagnosticar la una anemia moderada se busca los siguientes síntomas: Cefalea, Fatiga, Somnolencia, hiporexia, palidez cutanea mucosa e Hipotensión. Además, contrastando con los niveles de hemoglobina que debe estar entre los 11-13 gr/dL conjuntamente con los niveles de hematocritos, los cuales deben estar entre 35-42 gr/dL, además los Glóbulos rojos debe estar entre 4- 6 gr/dL y el volumen corpuscular medio también por entre del 75- 95%.
E = Entrevistador; EM1 = Experto Medico 1	

En cuanto a los síntomas que presenta una anemia Ferropénica Severa durante el periodo de gestación en el tercer trimestre, la respuesta del Experto Médico se observa en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Pregunta Nro. 5 al Experto Médico 1

PREGUNTA Nro. 5	
E:	¿Cuáles son los síntomas que presenta una anemia Ferropénica severa?
EM1:	Al momento de diagnosticar la una anemia severa se busca los siguientes síntomas: Cefalea, Fatiga, Somnolencia lipotimia, piel fría y delirio, así como también, pérdida sanguínea asociado a pérdida aguda de sangre los cuales requieren la hospitalización. Además, contrastando con los niveles de hemoglobina que debe estar por debajo de los 10 gr/dL conjuntamente con los niveles de hematocritos, los cuales deben estar sobre el 42gr/dL. Además los Glóbulos rojos deben estar por encima de los 6 gr/dL y el volumen corpuscular medio también por encima del 100%
E = Entrevistador; EM1 = Experto Medico 1	

ii) **Conocimiento adquirido en función a la literatura que tratan tópicos del área**

• **Factores Maternos Pregestacionales.**

a) **Paridad:** El antecedente del número de partos previos es usado para establecer el riesgo obstétrico y eventuales resultados adversos del recién nacido. Los datos de investigaciones demuestran que la primípara o el primer embarazo tiene una alta correlación con bajo peso al nacer o mortalidad neonatal. Éste se potencia cuando interactúa con embarazo en la adolescencia o en mujeres mayores de 30 años.

Por otro lado, la multípara, también ha sido asociada a resultados adversos explicado principalmente por complicaciones obstétricas o patologías maternas.

El espaciamiento entre nacimientos menores a 15 meses ha sido encontrado como factor de riesgo para mortalidad neonatal y post neonatal.

b) **Gestación:** El antecedente del número de embarazos previos es usado para establecer el riesgo obstétrico y eventuales resultados adversos del recién nacido, dentro de este factor están las denominadas Primigesta: Es la mujer que se embaraza por primera vez y la Multigesta: Es la mujer que se ha embarazado dos o más veces.

c) **Ingesta de hierro:** El tipo de alimentación que deben tener las mujeres embarazadas es muy importante, puesto que depende del tipo de alimentación para que el bebé tenga mejores resultados en cuanto a su propio peso.

Las diferentes sociedades científicas recomiendan durante la gestación una dieta variada, con suplementación farmacológica ocasional de determinadas sustancias como hierro y ácido fólico, esto incluso desde el periodo preconcepcional. Además es importante realizarse estudios al inicio del embarazo para conocer la situación en la que se encuentra la madre.

- **Factores de comportamiento personal.**

a) **Consumo de tabaco.** El consumo de tabaco durante el embarazo.

b) **Consumo de alcohol.** El consumo de alcohol durante el embarazo además de aumentar el riesgo de contraer anemia también tiende el riesgo de un aborto espontáneo, el nacimiento prematuro y la mortinatalidad.

c) **Consumo de drogas.** El consumo de drogas por vía parenteral durante la gestación comporta una gran variedad de complicaciones médicas y obstétricas debidas tanto a la acción directa de la droga como a los factores asociados a la adicción a drogas, entre ellas está la anemia

d) **Uso indebido de medicamentos.** Uso indebido de medicamentos que no han sido aprobados como seguros durante el embarazo

3.3.2 Variables de entrada.

Dentro de todo el Sistema Experto hay que tomar en cuenta que las variables de entrada, las cuales son: Los factores, los síntomas, posibles causas, pruebas de laboratorio,

criterios de clasificación, estas variables representan el conjunto de síntomas propio de la anemia Ferropénica en el periodo de gestación, para luego ser procesadas mediante la inferencia para dar un resultado que en este caso viene a ser el diagnóstico.

En las siguientes tablas se observan la descripción de las variables de entrada, las cuales están divididas en cuatro partes: los factores maternos pregestacionales, los factores de comportamiento personal, los síntomas y las pruebas de laboratorio, las mismas que van conjuntamente con las variables lingüísticas correspondientes.

Tabla 3.6 Factores maternos pregestacionales

Nro.	VARIABLE	DESCRIPCION	VALOR LINGUISTICO
FACTORES MATERNOS PREGESTACIONALES			
1	GE	Gestacion	Multigesta/Primigesta
2	PA	Paridad	Multipara/Primipara
3	IH	Ingesta de Hierro	Adecuado/Inadecuado

Dentro de las variables de los factores pregestacionales, se observa una cantidad de tres variables de entrada, las mismas que son los factores incidentes que provocan un cuadro de anemia.

Tabla 3.7 Factores de comportamiento personal

Nro.	VARIABLE	DESCRIPCION	VALOR LINGUISTICO
FACTORES DE COMPORTAMIENTO PERSONAL			
4	CTA	Consumo de Tabaco	Presente/Ausente
6	CAL	Consumo de Alcohol	Presente/Ausente
7	UIM	Uso indebido de medicamentos	Presente/Ausente
8	CDR	Consumo de Drogas	Presente/Ausente

Dentro de las variables de los factores de comportamiento personal de la paciente gestante, se observa una cantidad de cuatro variables de entrada preponderantes, las mismas que son los factores incidentes que provocan un cuadro de anemia.

Tabla 3.8 Síntomas

Nro.	VARIABLE	DESCRIPCION	VALOR LINGUISTICO
SINTOMAS			
9	CE	Cefalea	Presente/Ausente
10	FA	Fatiga	Presente/Ausente
11	SO	Sonmoliencia	Presente/Ausente
12	HI	Hiporexia	Presente/Ausente
13	UQ	Uñas Quebardizas	Presente/Ausente
14	PCM	Palidez cutáneo mucosa	Presente/Ausente
16	HIP	Hipotension	Presente/Ausente
17	LI	Lipotimia	Presente/Ausente
18	PF	Piel Fria	Presente/Ausente
19	DE	Delirio	Presente/Ausente

Dentro de las variables de los síntomas que posiblemente la paciente gestante presenta, se observa una cantidad de diez variables de entrada preponderantes, las mismas que son los factores incidentes que provocan un cuadro de anemia.

Tabla 3.9 Pruebas de laboratorio

Nro.	VARIABLE	DESCRIPCION	VALOR LINGUISTICO
INFORME DE LABORATORIO			
20	NHB	Niveles de Hemoglobina	Leve
			Moderado
			Severo
21	NHE	Niveles de Hematocrito	Leve
			Moderado
			Severo
22	GR	Niveles de Globulos Rojos	Leve
			Moderado
			Severo
23	VCM	Volumen Corpuscular Medio	Leve
			Moderado
			Severo

Otro de los factores que incide dentro de un cuadro de anemia de una paciente gestante, son los informes de laboratorio que son presentados, se observa una cantidad de cuatro variables de entrada difusas preponderantes, las mismas que son los factores incidentes que provocan un cuadro de anemia.

3.3.3 Variables de salida.

Las variables de salida, que el Prototipo del Sistema Experto proporcionará, están en función a los Factores, síntomas e informes de laboratorio que presenta la paciente, debido a un posible cuadro clínico de anemia en el periodo de gestación. La siguiente Tabla 3.10, presenta las variables de salida correspondientes a los a las variables de entrada presentadas anteriormente.

Tabla 3.10 Variables de Salida del Prototipo del Sistema Experto

Nro.	VARIABLE	DESCRIPCION
1	AFL	Anemia Ferropenica Leve
2	AFM	Anemia Ferropenica Moderada
3	AFS	Anemia Ferropenica Severa

3.4 Fase de Formalización.

La formalización tiene como objetivo expresar sobre el problema y su resolución en estructuras que permite expresar formalmente los conocimientos de un dominio recibe el nombre de formalismo de representación, independiente del dominio que llevan adelante su razonamiento con dichas estructuras para resolver el problema se las llama reglas de inferencia.

3.4.1 Representación de Base de Conocimiento.

Contiene todos los hechos y reglas del dominio de aplicación sobre el cual la investigación está basada, desde las variables anteriormente definidas, la Fusificación de variables hasta el motor de inferencia, las cuales son tomadas en cuenta para la base del conocimiento.

Para ejemplificar a través de reglas de inferencia, se formaliza el conocimiento haciendo uso de la lógica difusa y de que esta forma se infiere en base a cierto conocimiento y algunas reglas.

3.4.2 Fusificación de las variables lingüísticas.

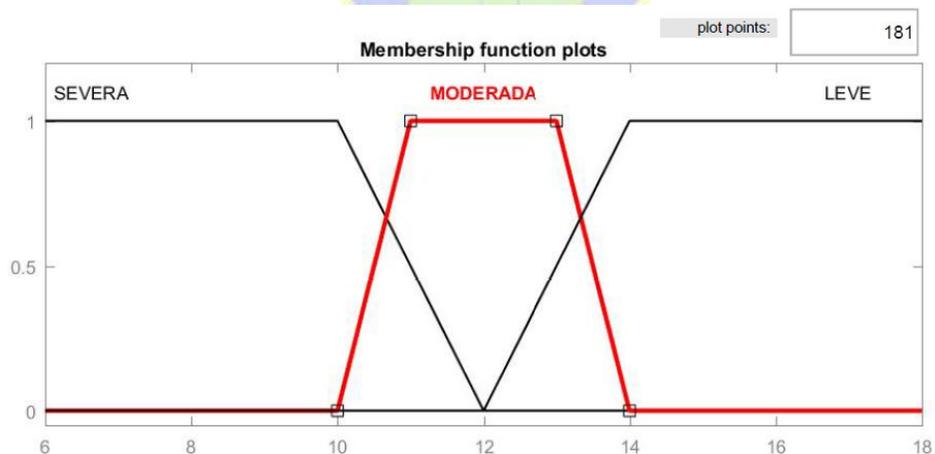
Luego de la especificación de las variables es necesario identificar las variables que requieren un análisis especial debido a su grado de incertidumbre, con ayuda de los conjuntos difusos es posible plasmar cómo trabajan las variables lingüísticas difusas, siendo representados en funciones de pertenencia para luego ser asociados a cada conjunto difuso, debido a que disponen de varias respuestas.

Cabe señalar que las respuestas de Presente/Ausente entre otros, 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 son desarrollados a continuación:

3.4.2.1 Nivel de Hemoglobina.

El conjunto difuso y la función de pertenencia correspondiente al nivel de Hemoglobina se observa en la Figura 3.3 y la Tabla 3.11 respectivamente.

Figura 3.3 Conjunto Difuso de la Hemoglobina



La anterior figura permite representar el nivel de hemoglobina, en una paciente gestante, la cual es una proteína rica en hierro que se encuentra en los glóbulos rojos. Lo cual es necesario tomar en cuenta para el diagnóstico de la anemia Ferropénica dentro del rango de leve, moderada y severa.

Tabla 3.11 Función de Pertenencia de la variable difusa Hemoglobina

VARIABLE LINGÜÍSTICA DIFUSA	F(x)	X
LEVE	1 $\frac{x - 12}{2}$ 0	$x > 14$ $12 < x \leq 14$ $x \leq 12$
MODERADO	1 $\frac{x - 10}{2}$ $\frac{14 - x}{2}$ 0	$11 < x < 13$ $10 < x \leq 11$ $13 \leq x < 14$ $10 > x \geq 14$
SEVERO	1 $\frac{13 - x}{2}$ 0	$x < 10$ $10 \leq x < 13$ $x > 12$

3.4.2.2 Nivel de Hematocritos.

El nivel de hematocrito es el valor que se define por la cantidad del volumen de la sangre ocupado por los glóbulos rojos de la paciente en gestación. Lo cual es necesario tomar en cuenta para el diagnóstico de la anemia Ferropénica dentro del rango de leve, moderada y severa.

El conjunto difuso y la función de pertenencia correspondiente al nivel de Hematocritos se observa en la Figura 3.4 y la Tabla 3.12 respectivamente.

Figura 3.4 Conjunto Difuso de los Hematocritos

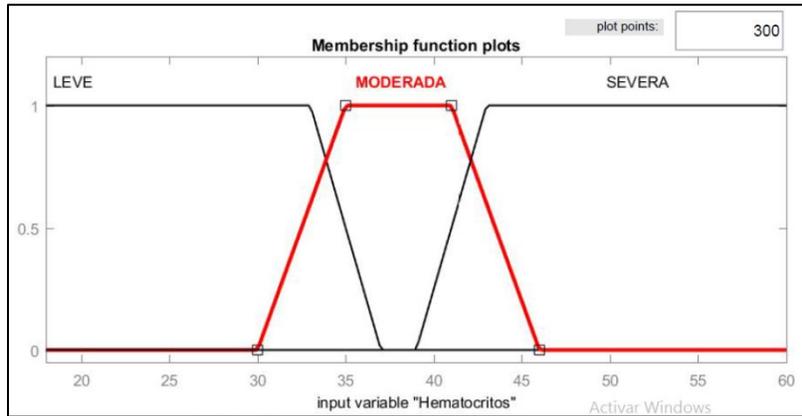


Tabla 3.12 Función de Pertenencia de la variable difusa Hematocritos

VARIABLE LINGÜÍSTICA DIFUSA	F(x)	X
LEVE	1 $\frac{37 - x}{2}$ 0	$x < 33$ $33 \leq x < 37$ $x > 37$
MODERADO	1 $\frac{x - 30}{2}$ $\frac{46 - x}{2}$ 0	$35 < x < 41$ $30 < x \leq 35$ $41 \leq x < 46$ $30 > x > 46$
SEVERO	1 $\frac{x - 39}{2}$ 0	$x > 43$ $39 < x \leq 43$ $x < 39$

3.4.2.3 Nivel de Glóbulos Rojos.

El conjunto difuso y la función de pertenencia correspondiente al nivel de Glóbulos Rojos se observa en la Figura 3.5 y la Tabla 3.13 respectivamente.

Figura 3.5 Conjunto Difuso de Glóbulos Rojos

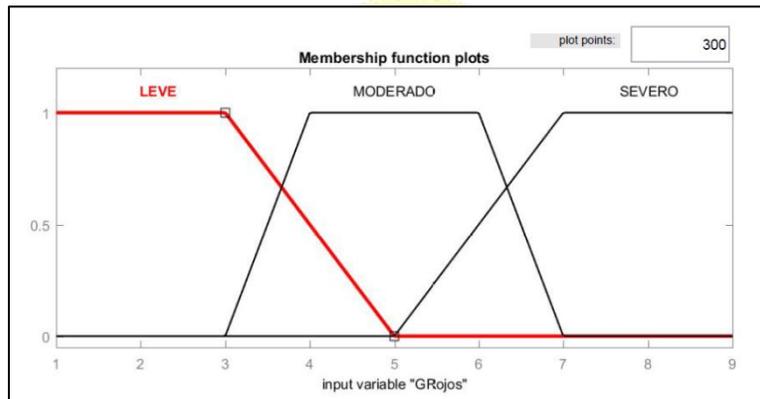


Tabla 3.13 Función de Pertenencia de la variable difusa Glóbulos Rojos

VARIABLE LINGÜÍSTICA DIFUSA	F(x)	X
LEVE	1 $\frac{5-x}{2}$ 0	$x < 3$ $3 \leq x < 5$ $x \geq 5$
MODERADO	1 $\frac{x-3}{2}$ $\frac{7-x}{2}$ 0	$4 < x < 6$ $3 < x \leq 4$ $6 \leq x < 7$ $x \geq 7$
SEVERO	1 $\frac{x-5}{2}$ 0	$x > 7$ $5 < x \leq 7$ $x \leq 5$

3.4.2.4 Volumen Corpuscular Medio.

El conjunto difuso y la función de pertenencia correspondiente al Volumen Corpuscular Medio se observa en la Figura 3.6 y la Tabla 3.14 respectivamente.

Figura 3.6 Conjunto Difuso del Volumen Corpuscular Medio

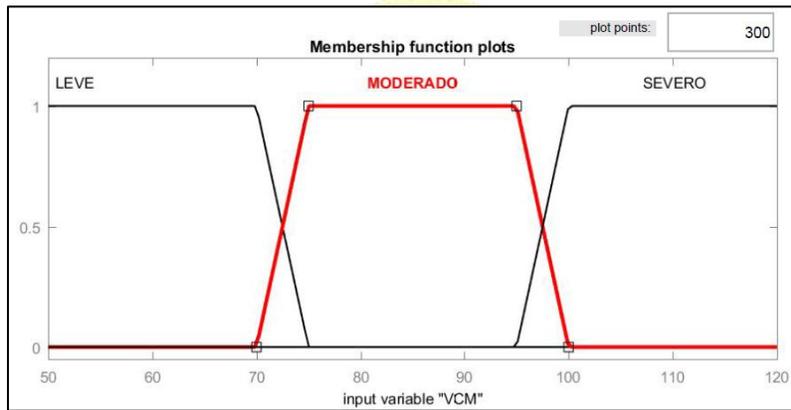


Tabla 3.14 Función de Pertenencia de la variable difusa Volumen Corpuscular Medio

VARIABLE LINGÜÍSTICA DIFUSA	F(x)	X
LEVE	1 $\frac{75 - x}{5}$ 0	$x < 70$ $70 \leq x < 75$ $x \geq 75$
MODERADO	1 $\frac{x - 75}{5}$ $\frac{100 - x}{5}$ 0	$75 < x < 95$ $70 \leq x < 75$ $95 \leq x < 100$ $x \geq 100$
SEVERO	1 $\frac{x - 95}{5}$ 0	$x > 100$ $95 < x \leq 100$ $x \leq 95$

Las funciones anteriormente descritas permiten entender el rango en el cual pertenece cada variable de entrada que tienen conjuntos difusos para realizar de manera más eficiente el proceso de diagnóstico. Por lo tanto para interpretar las variables anteriormente descritas es necesario medir la variable de salida a las anteriores variables de entrada, de igual forma la variable de salida está basada en el conjunto de inferencia y la función de pertenencia cuantificadas en porcentajes de la siguiente manera, como se observa en la Figura 3.7.

Figura 3. 7 Conjunto Difuso de la variable de salida difusa

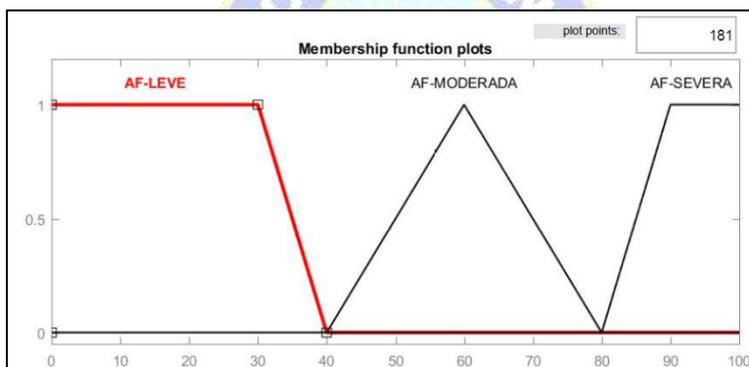


Tabla 3.15 Función de Pertenencia de la variable de salida difusa

VARIABLE DE SALIDA LINGÜÍSTICA DIFUSA	F(y)	Y
ANEMIA FERROPENICA LEVE	1 $\frac{40 - y}{30 - 1}$ 0	$y < 30$ $30 \leq y < 40$ $y > 40$
ANEMIA FERROPENICA MODERADA	1 $\frac{y - 40}{60 - 40}$ $\frac{80 - y}{80 - 60}$ 0	$y < 40$ $40 < y \leq 60$ $60 \leq y < 80$ $y > 80$
ANEMIA FERROPENICA SEVERA	1 $\frac{y - 80}{90 - 80}$ 0	$y > 90$ $80 < y \leq 90$ $y < 80$

3.4.3 Tabla de decisiones.

A partir de la tabla de las variables de entrada, el proceso de Fusificación de algunas de ellas, así como también, la tabla de las variables de salida, es necesario establecer una tabla de decisiones para el diagnóstico de la anemia Ferropénica (Véase Tabla 3.16), la misma que será utilizada como referencia en la elaboración del árbol de decisiones. Además, la tabla de decisiones utilizará las reglas posteriormente descritas para coincidir con la información generada a través de la paciente gestante de la base de conocimientos.

Tabla 3.16 Tabla de decisiones para el diagnóstico de la anemia Ferropénica

	DESCRIPCION	CODIGO	AFL	AFM	AFS	
FACTORES MATERNOS PREGESTACIONALES	Gestacion	GE	Multigesta	X		X
		GE	Primigesta		X	
	Paridad	PA	Multipara			X
		PA	Primipara	X	X	
	Ingesta de Hierro	IH	Adecuado	X		
		IH	Inadecuado		X	X
FACTORES DE COMPORTAMIENTO PERSONAL	Consumo de Tabaco	CTA		X	X	
	Consumo de Alcohol	CAL		X	X	
	Uso indebido de medicamentos	UIM	X		X	
	Consumo de Drogas	CDR			X	
SINTOMAS	Cefalea	CE	X	X	X	
	Fatiga	FA	X	X	X	
	Sonmoliencia	SO	X	X	X	
	Hiporexia	HI		X		
	Uñas Quebradizas	UQ	X	X		
	Palidez cutáneo mucosa	PCM		X		
	Hipotension	HIP		X		
	Lipotimia	LI			X	
	Piel Fria	PF			X	
	Delirio	DE			X	
	INFORME DE LABORATORIO	Niveles de Hemoglobina	NHB	Leve	X	
Moderado					X	
Severo						X
Niveles de Hematocrito		NHE	Leve	X		
			Moderado		X	
			Severo			X
Niveles de Globulos Rojos		GR	Leve	X		
			Moderado		X	
			Severo			X
Volumen Corpuscular Medio		VCM	Leve	X		
			Moderado		X	
			Severo			X

3.4.4 Representación de Base de Hechos.

La base de Hechos son sentencias simples que muestran una relación entre objetos y a través de esta relación se llega a describir las cualidades particulares. Cuando se obtienen los relatos de las entrevistas se comienza a determinar los hechos del proceso.

Para la Anemia Ferropénica Leve:

HECHO 1: La paciente presenta Fatiga.

HECHO 2: La paciente presenta Cefalea.

HECHO 3: La paciente presenta Somnolencia.

HECHO 4: La paciente Uñas quebradizas.

HECHO 5: La cantidad de Hemoglobina está por encima de los 14 gr/dL.

HECHO 6: La cantidad de Hematocritos está por debajo del 35 gr/dL.

HECHO 7: La cantidad de Glóbulos Rojos está por debajo de los 3 gr/dL.

HECHO 8: El Volumen Corpuscular Medio está debajo de los 75%.

Para la Anemia Ferropénica Moderada:

HECHO 1: La paciente presenta Fatiga.

HECHO 2: La paciente presenta Somnolencia.

HECHO 3: La paciente presenta Cefalea.

HECHO 4: La paciente presenta Hiporexia

HECHO 5: La paciente presenta Palidez cutáneo mucosa

HECHO 6: La paciente presenta Hipotension.

HECHO 7: La cantidad de Hemoglobina está entre los 11-13 gr/dL.

HECHO 8: La cantidad de Hematocritos está entre 35-42 gr /dL %.

HECHO 9: La cantidad de Glóbulos Rojos está entre los 4- 6 gr /dL.

HECHO 10: El Volumen Corpuscular Medio está entre el 75- 95%.

Para Anemia Ferropénica Severa:

HECHO 1: La paciente presenta Cefalea.

HECHO 2: La paciente presenta Fatiga.

HECHO 3: La paciente presenta Somnolencia.

HECHO 4: La paciente presenta Piel Fría.

HECHO 5: La paciente presenta Lipotimia.

HECHO 6: La paciente presenta Delirio.

HECHO 7: La cantidad de Hemoglobina está sobre los 10 gr/dL.

HECHO 8: La cantidad de Hematocritos está por encima del 42 gr/dL.

HECHO 9: La cantidad de Glóbulos Rojos está por encima de los 6 gr/dL.

HECHO 10: El Volumen Corpuscular Medio está por encima del 100%.

3.4.5 Representación de la Base de Reglas

La base de reglas es la manera que tiene el sistema de guardar el conocimiento lingüístico que le permiten resolver el problema para el cual ha sido diseñado. Estas reglas son del tipo *IF-THEN*. Una regla de la base de reglas o base de conocimiento tiene dos partes, el antecedente y la conclusión: En este caso las premisas son: los factores, síntomas y niveles de Hemoglobina, Hematocritos entre otros que presenta la paciente y las conclusiones hacen referencia al diagnóstico sobre la anemia en el periodo de gestación.

A continuación se detallan algunas de las reglas obtenidas para el Sistema Experto.

- **Reglas para la Anemia Ferropénica Leve**

REGLA 1.

SI (GE= Multigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and

(FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (UQ= Presente) and (NHB = LEVE) and (NHE = LEVE) and (GR = LEVE) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA LEVE). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Sulfato ferroso 120 mg (2 tabletas) + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 2.

SI (GE= Multigesta) and (PA= Primípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (UQ= Presente) and (NHB = LEVE) and (NHE = LEVE) and (GR = LEVE) and (VCM = MODERADO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA LEVE). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Sulfato ferroso 120 mg (2 tabletas) + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 3.

SI (GE= Multigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (UQ= Presente) and (NHB = LEVE) and (NHE = LEVE) and (GR = LEVE) and (VCM = SEVERO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA LEVE). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Sulfato ferroso 120 mg (2 tabletas) + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 4.

SI (GE= Multigesta) and (PA= Primípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Ausente) and (HI= Presente) and (UQ= Presente) and (NHB = LEVE) and (NHE = LEVE) and (GR = MODERADO) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA LEVE). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido

fólico diarios (2 tabletas diarias), Sulfato ferroso 120 mg (2 tabletas) + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 5.

SI (GE= Multigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (UQ= Presente) and (NHB = LEVE) and (NHE = LEVE) and (GR = MODERADO) and (VCM = MODERADO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA LEVE). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Sulfato ferroso 120 mg (2 tabletas) + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 6.

SI (GE= Multigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (UQ= Presente) and (NHB = LEVE) and (NHE = LEVE) and (GR = MODERADO) and (VCM = SEVERO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA LEVE). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Sulfato ferroso 120 mg (2 tabletas) + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 7.

SI (GE= Multigesta) and (PA= Primípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Ausente) and (HI= Presente) and (UQ= Presente) and (NHB = LEVE) and (NHE = LEVE) and (GR = SEVERO) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA LEVE). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Sulfato ferroso 120 mg (2 tabletas) + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 8.

SI (GE= Multigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (UQ= Presente) and (NHB = LEVE) and (NHE = LEVE) and (GR = SEVERO) and (VCM = MODERADO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA LEVE). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Sulfato ferroso 120 mg (2 tabletas) + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 9.

SI (GE= Multigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (UQ= Presente) and (NHB = LEVE) and (NHE = LEVE) and (GR = SEVERO) and (VCM = SEVERO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA LEVE). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Sulfato ferroso 120 mg (2 tabletas) + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 10.

SI (GE= Multigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (UQ= Presente) and (NHB = LEVE) and (NHE = MODERADA) and (GR = LEVE) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA LEVE). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Sulfato ferroso 120 mg (2 tabletas) + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

- **Reglas para la Anemia Ferropénica Moderada**

REGLA 27.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (NHB = MODERADA) and (NHE = LEVE) and (GR = LEVE) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA MODERADA). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Hierro polimaltosado + ácido fólico ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 28.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (NHB = MODERADA) and (NHE = LEVE) and (GR = LEVE) and (VCM = MODERADO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA MODERADA). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Hierro polimaltosado + ácido fólico ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 29.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (NHB = MODERADA) and (NHE = LEVE) and (GR = LEVE) and (VCM = SEVERO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA MODERADA). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Hierro polimaltosado + ácido fólico ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 30.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (NHB = MODERADA) and (NHE = LEVE) and (GR = MODERADO) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA MODERADA). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Hierro polimaltosado + ácido fólico ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 31.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (NHB = MODERADA) and (NHE = LEVE) and (GR = MODERADO) and (VCM = MODERADO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA MODERADA). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Hierro polimaltosado + ácido fólico ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 32.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (NHB = MODERADA) and (NHE = LEVE) and (GR = MODERADO) and (VCM = SEVERO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA MODERADA). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Hierro polimaltosado + ácido fólico ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 33.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (NHB = MODERADA) and (NHE = LEVE) and (GR = SEVERO) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA MODERADA). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Hierro polimaltosado + ácido fólico ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 34.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (NHB = MODERADA) and (NHE = LEVE) and (GR = SEVERO) and (VCM = MODERADO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA MODERADA). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Hierro polimaltosado + ácido fólico ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 35.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (NHB = MODERADA) and (NHE = LEVE) and (GR = SEVERO) and (VCM = SEVERO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA MODERADA). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Hierro polimaltosado + ácido fólico ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

REGLA 36.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Ausente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Presente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (NHB = MODERADA) and (NHE = MODERADA) and (GR = LEVE) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA MODERADA). Tratamiento: 120mg de hierro + 800ug ácido fólico diarios (2 tabletas diarias), Hierro polimaltosado + ácido fólico 5mg vía oral cada día, Durante 6 meses.

- **Reglas para la Anemia Ferropénica Severa**

REGLA 54.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Presente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Ausente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (LI= Presente) and (PF= Ausente) and (DE= Presente) and (NHB = SEVERA) and (NHE = LEVE) and (GR = LEVE) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA SEVERA). Tratamiento: El hierro parenteral es la alternativa más importante para los preparados de hierro por vía oral de la administración de hierro sacarosa. Para la paciente que tiene Intolerancia al Hierro Oral, Realizar transfusiones de sangre, productos de plasma y expansores de volumen.

REGLA 55.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Presente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Ausente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (LI= Presente) and (PF= Ausente) and (DE= Presente) and (NHB = SEVERA) and (NHE = LEVE) and (GR = LEVE) and (VCM = MODERADO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA SEVERA). Tratamiento: El hierro parenteral es la alternativa más importante para los preparados de hierro por vía oral de la

administración de hierro sacarosa. Para la paciente que tiene Intolerancia al Hierro Oral, Realizar transfusiones de sangre, productos de plasma y expansores de volumen.

REGLA 56.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Presente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Ausente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (LI= Presente) and (PF= Ausente) and (DE= Presente) and (NHB = SEVERA) and (NHE = LEVE) and (GR = LEVE) and (VCM = SEVERO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA SEVERA). Tratamiento: El hierro parenteral es la alternativa más importante para los preparados de hierro por vía oral de la administración de hierro sacarosa. Para la paciente que tiene Intolerancia al Hierro Oral, Realizar transfusiones de sangre, productos de plasma y expansores de volumen.

REGLA 57.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Presente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Ausente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (LI= Presente) and (PF= Ausente) and (DE= Presente) and (NHB = SEVERA) and (NHE = LEVE) and (GR = MODERADO) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA SEVERA). Tratamiento: El hierro parenteral es la alternativa más importante para los preparados de hierro por vía oral de la administración de hierro sacarosa. Para la paciente que tiene Intolerancia al Hierro Oral, Realizar transfusiones de sangre, productos de plasma y expansores de volumen.

REGLA 58.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Presente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Ausente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (LI= Presente) and (PF= Ausente) and (DE= Presente) and (NHB =

SEVERA) and (NHE = LEVE) and (GR = MODERADO) and (VCM = MODERADO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA SEVERA). Tratamiento: El hierro parenteral es la alternativa más importante para los preparados de hierro por vía oral de la administración de hierro sacarosa. Para la paciente que tiene Intolerancia al Hierro Oral, Realizar transfusiones de sangre, productos de plasma y expansores de volumen.

REGLA 59.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Presente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Ausente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (LI= Presente) and (PF= Ausente) and (DE= Presente) and (NHB = SEVERA) and (NHE = LEVE) and (GR = MODERADO) and (VCM = SEVERO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA SEVERA). Tratamiento: El hierro parenteral es la alternativa más importante para los preparados de hierro por vía oral de la administración de hierro sacarosa. Para la paciente que tiene Intolerancia al Hierro Oral, Realizar transfusiones de sangre, productos de plasma y expansores de volumen.

REGLA 60.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Presente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Ausente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (LI= Presente) and (PF= Ausente) and (DE= Presente) and (NHB = SEVERA) and (NHE = LEVE) and (GR = SEVERO) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA SEVERA). Tratamiento: El hierro parenteral es la alternativa más importante para los preparados de hierro por vía oral de la administración de hierro sacarosa. Para la paciente que tiene Intolerancia al Hierro Oral, Realizar transfusiones de sangre, productos de plasma y expansores de volumen.

REGLA 61.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Primípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Presente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Ausente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (LI= Presente) and (PF= Ausente) and (DE= Presente) and (NHB = SEVERA) and (NHE = LEVE) and (GR = SEVERO) and (VCM = SEVERO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA SEVERA). Tratamiento: El hierro parenteral es la alternativa más importante para los preparados de hierro por vía oral de la administración de hierro sacarosa. Para la paciente que tiene Intolerancia al Hierro Oral, Realizar transfusiones de sangre, productos de plasma y expansores de volumen.

REGLA 62.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Presente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Ausente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (LI= Presente) and (PF= Ausente) and (DE= Presente) and (NHB = SEVERA) and (NHE = MODERADA) and (GR = LEVE) and (VCM = LEVE) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA SEVERA). Tratamiento: El hierro parenteral es la alternativa más importante para los preparados de hierro por vía oral de la administración de hierro sacarosa. Para la paciente que tiene Intolerancia al Hierro Oral, Realizar transfusiones de sangre, productos de plasma y expansores de volumen.

REGLA 63.

SI (GE= Primigesta) and (PA= Multípara) and (IH= Adecuado) and (CTA= Presente) and (CAL= Ausente) and (UIM= Ausente) and (CDR= Ausente) and (CE= Presente) and (FA= Presente) and (SO= Presente) and (HI= Ausente) and (HIP= Ausente) and (PCM= Presente) and (LI= Presente) and (PF= Ausente) and (DE= Presente) and (NHB = SEVERA) and (NHE = MODERADA) and (GR = LEVE) and (VCM = MODERADO) ENTONCES (Presenta ANEMIA FERROPENICA SEVERA). Tratamiento: El hierro

parenteral es la alternativa más importante para los preparados de hierro por vía oral de la administración de hierro sacarosa. Para la paciente que tiene Intolerancia al Hierro Oral, Realizar transfusiones de sangre, productos de plasma y expansores de volumen.

3.4.6 Método de inferencia *Forward Chaining*.

La inferencia es el proceso de generar información a partir de hechos conocidos o supuestos. En un sistema experto, el proceso de inferencia se realiza en un módulo denominado motor de inferencia.

El motor de inferencia es utilizado para encontrar una solución a un problema basado en las reglas de los hechos ya conocidas y almacenadas en la base de conocimientos. En este estudio, la inferencia utilizada es el método *Forward Chaining*.

La inferencia de *Forward Chaining* en el proceso de diagnóstico de la Anemia Ferropénica comenzará desde que la paciente en gestación proporcione los síntomas que siente, luego se verificará cada síntoma que se ha seleccionado si el síntoma seleccionado ya existe en la base de conocimientos. Si la condición es correcta o el síntoma se encuentra en la base de conocimientos, el síntoma se almacena y se vuelven a comprobar los demás síntomas, factores, y análisis de laboratorio.

Este proceso se repetirá hasta que se hayan verificado todos los síntomas, factores, y análisis de laboratorio con varias condiciones de síntomas que se hayan determinado mediante la Tabla de decisiones.

Este motor de inferencia teóricamente llega a ser un árbol de decisiones o también llamado árbol de inferencia. El árbol de inferencia es una representación gráfica de la base de hechos y las reglas del motor de inferencia.

El siguiente ejemplo es una ilustración del método de inferencia *Forward Chaining* de la regla 37, anteriormente descrita, donde también se visualiza en la Figura 3.8 el árbol de inferencia para el diagnóstico de Anemia Ferropénica Moderada de una paciente en gestación.

Empezando por la información generada, de la paciente en gestación, del factor Gestación (GE = Primigesta) que la paciente presenta:

Es necesario considerar el síntoma PCM (Palidez Cutánea Mucosa) que presenta la paciente en gestación.

IF	PCM	Es verdad
AND	NHB = Moderada	Es verdad
AND	NHC = Moderada	Es verdad
AND	GB = Moderada	Es verdad
AND	VCM = Moderada	Es verdad
THEN	AFM	Es verdad

Además, si la paciente gestante es Multípara.

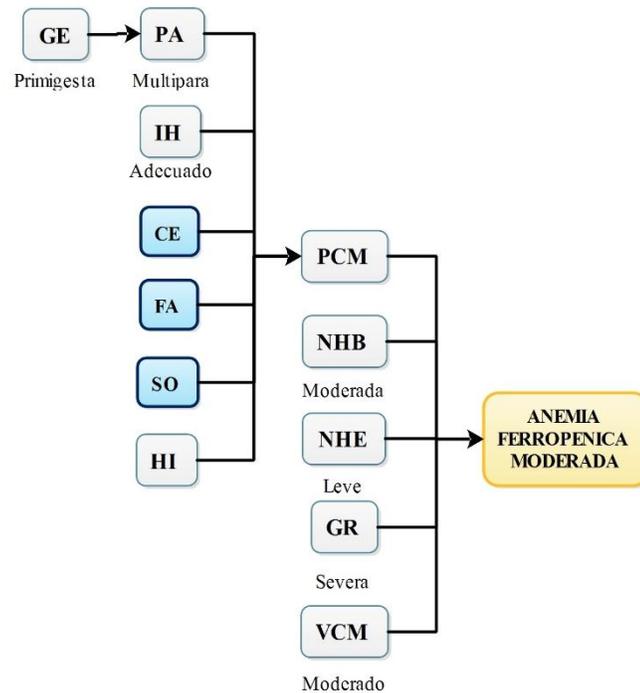
IF	PA = Multípara	Es verdad
AND	IH = Adecuado	Es verdad
AND	CE	Es verdad
AND	FA	Es verdad
AND	SO	Es verdad
AND	HI	Es verdad
THEN	PCM	Es verdad

También es necesario considerar, si la paciente gestante es Primigesta.

IF	GE = Primigesta	Es verdad
THEN	PA	Es verdad

Por tanto, el árbol de inferencia para el diagnóstico de Anemia Ferropénica Moderada de una paciente gestante será:

Figura 3.8 Árbol de inferencia para un diagnóstico de Anemia Ferropénica Moderada



La Figura 3.9 ilustra el árbol de inferencia para el diagnóstico de Anemia Ferropénica Leve de una paciente en gestación, en base al método de inferencia *Forward Chaining*. De la regla 3. Empezando por la información generada, de la paciente en gestación, del factor Gestación (GE = Primigesta) que la paciente presenta.

Es necesario considerar el síntoma UQ (Uñas Quebradizas) que presenta la paciente en gestación.

IF	UQ	Es verdad
AND	NHB = Leve	Es verdad
AND	NHE = Leve	Es verdad
AND	GR = Leve	Es verdad
AND	VCE = Severo	Es verdad
THEN	AFL	Es verdad

Además, si la paciente gestante es Multípara.

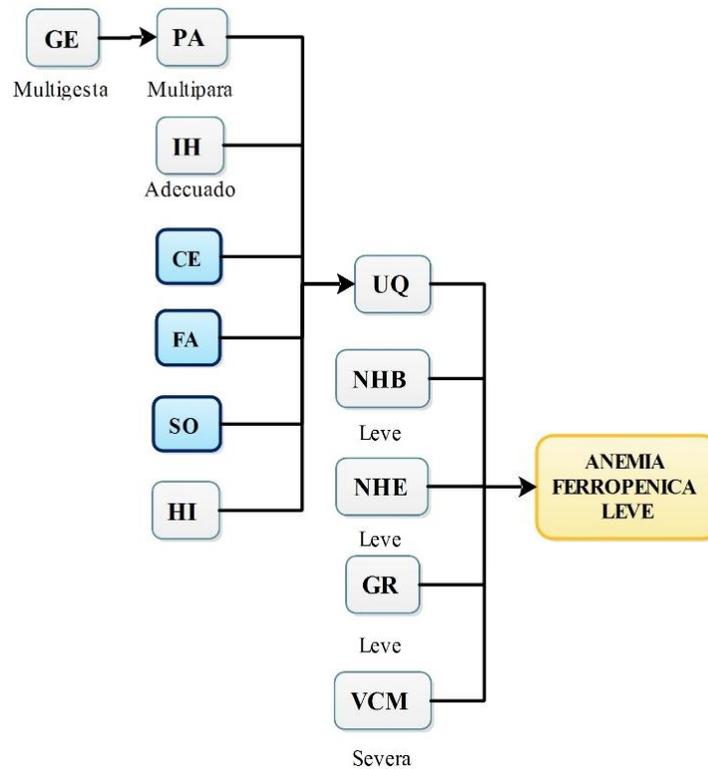
IF	PA = Multipara	Es verdad
AND	IH = Adecuado	Es verdad
AND	CE	Es verdad
AND	FA	Es verdad
AND	SO	Es verdad
AND	HI	Es verdad
THEN	UQ	Es verdad

También es necesario considerar, si la paciente gestante es Multipara.

IF	GE = Multigesta	Es verdad
THEN	PA = Multipara	Es verdad

Por tanto, el árbol de inferencia para el diagnóstico de Anemia Ferropénica Leve de una paciente gestante será:

Figura 3.9 Árbol de inferencia para un diagnóstico de Anemia Ferropénica Leve



La Figura 3.10 ilustra el árbol de inferencia para el diagnóstico de Anemia Ferropénica Severa de una paciente en gestación, en base al método de inferencia *Forward Chaining*. De la regla 61. Empezando por la información generada, de la paciente en gestación, del factor Gestación (GE = Primigesta) que la paciente presenta

Es necesario considerar el síntoma DE (Delirio) que presenta la paciente en gestación

IF	DE	Es verdad
AND	NHB = Severo	Es verdad
AND	NHE = Leve	Es verdad
AND	GR = Severo	Es verdad
AND	VCE = Severo	Es verdad
THEN	AFS	Es verdad

Además, si la paciente gestante es Primipara.

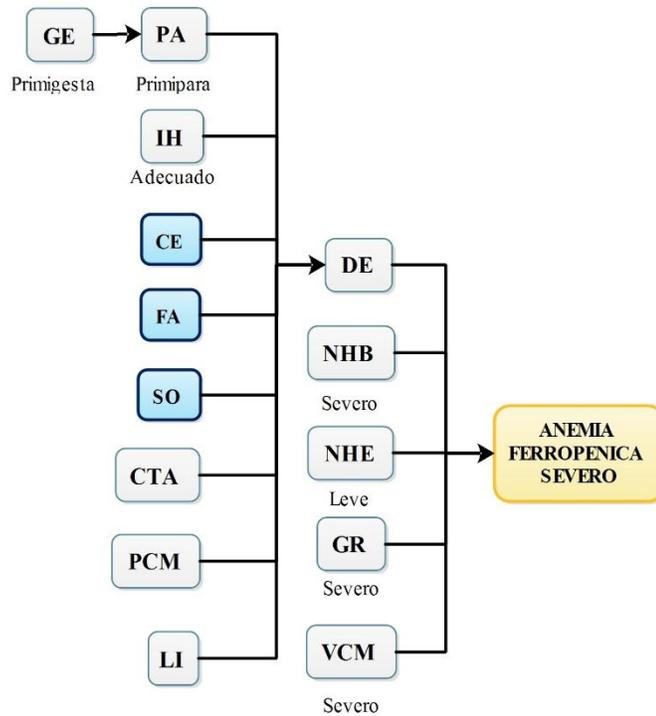
IF	PA = Primipara	Es verdad
AND	IH = Adecuado	Es verdad
AND	CTA	Es verdad
AND	CE	Es verdad
AND	FA	Es verdad
AND	SO	Es verdad
AND	PCM	Es verdad
AND	LI	Es verdad
THEN	DE	Es verdad

También es necesario considerar, si la paciente gestante es Primigesta.

IF	GE = Primigesta	Es verdad
THEN	PA = Primipara	Es verdad

Por tanto, el árbol de inferencia para el diagnóstico de Anemia Ferropénica Leve de una paciente gestante será:

Figura 3.10 Árbol de inferencia para un diagnóstico de Anemia Ferropénica Severa



3.4.7 Defusificación.

El resultado final del prototipo del Sistema Experto difuso es la determinación de un valor de salidas reales, es decir, cuando se desea convertir la salida en un valor puntual numérico.

Para realizar la Defusificación del conjunto de salida temporal, el Método de Singleton es utilizado, el cual consiste en calcular un promedio de los centroides de las funciones de pertenencia de los conjuntos difusos utilizados, para luego ser evaluados en la función a las variables de salida para la detección de la anemia en las pacientes gestantes, por lo cual implica defusificar el dato difuso para tener un resultado real.

Para expresar más detalladamente la Defusificación de las variables que presentan ambigüedad se toma el siguiente ejemplo:

Paciente gestante de 35 años presenta: los siguientes síntomas: Hipotensión, fatiga, cefalea, somnolencia, tiene hábitos de consumo de tabaco, es primigesta y primípara, con un nivel de hemoglobina de 11 g/dl, con niveles de Hematocritos de 42%, con un nivel de glóbulos Rojos de 6.5 g y el volumen corpuscular medio del 97%.

- **Niveles de Hemoglobina.**

Con un valor de nivel de la Hemoglobina de 11 g/dl para determinar el grado de anemia de la paciente gestante:

$$\begin{array}{r} \frac{1}{x - 10} \quad 11 < x < 13 \\ \frac{2}{14 - x} \quad 10 < x \leq 11 \\ \frac{2}{0} \quad 13 \leq x < 14 \\ \frac{0}{0} \quad 10 > x \geq 14 \end{array}$$

Nivel de HB Moderada =

$$\mu_{\text{Moderada}}(11) = \frac{x - 10}{2} = \frac{11 - 10}{2}$$

$$\mu_{\text{Moderada}}(11) = \frac{1}{2} = 0,5$$

- **Niveles de Hematocrito**

Con un valor de nivel de los Hematocrito del 42 % para determinar el grado de anemia de la paciente gestante.

$$\begin{array}{r} \frac{1}{x - 30} \quad 35 < x < 41 \\ \frac{2}{46 - x} \quad 30 < x \leq 35 \\ \frac{2}{0} \quad 41 \leq x < 46 \\ \frac{0}{0} \quad 30 > x \geq 46 \end{array}$$

Nivel de HC Moderada =

$$\mu_{\text{Moderada}}(42) = \frac{46 - x}{2} = \frac{46 - 42}{2}$$

$$\mu_{\text{Moderada}}(42) = \frac{4}{2} = 2$$

- **Niveles de Glóbulos rojos.**

Con un valor de nivel de los Glóbulos Rojos de 6.5 gr para determinar el grado de anemia de la paciente gestante.

$$\text{Nivel de GR Moderado} = \begin{cases} 1 & 4 < x < 6 \\ \frac{x - 3}{2} & 3 < x \leq 4 \\ \frac{7 - x}{2} & 6 \leq x < 7 \\ 0 & x \geq 7 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Moderada}}(6,5) = \frac{7 - x}{2} = \frac{7 - 6,5}{2}$$

$$\mu_{\text{Moderada}}(6,5) = \frac{0,5}{2} = 0,25$$

- **Niveles del Volumen Corpuscular Medio.**

Con un valor de nivel del Volumen Corpuscular Medio de 97% para determinar el grado de anemia de la paciente gestante

$$\text{Nivel de VCM Moderado} = \begin{cases} 1 & 75 < x < 95 \\ \frac{x - 75}{5} & 70 \leq x < 75 \\ \frac{100 - x}{5} & 95 \leq x < 100 \\ 0 & x \geq 100 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Moderada}}(97) = \frac{100 - x}{5} = \frac{100 - 97}{5}$$

$$\mu_{\text{Moderada}}(97) = \frac{3}{5} = 0,6$$

Para realizar la Defusificación se utilizara el método de Singleton y se reemplaza los valores obtenidos que consiste en calcular un promedio de los centroides de las funciones de pertenencia de los conjuntos de salidas activadas y la fórmula está dada por:

$$y = \frac{D1 * \mu_{D1}(x) + D2 * \mu_{D2}(x) + \dots + Dn * \mu_{Dn}(x)}{\mu_{D1}(x) + \mu_{D2}(x) + \dots + \mu_{Dn}(x)}$$

$$= \frac{HB_M * \mu_{Moderada}(11) + HC_M * \mu_{Moderada}(42) + HC_M * \mu_{Moderada}(6,5) + VCM_M * \mu_{Moderada}(97)}{\mu_{Moderada}(11) + \mu_{Moderada}(42) + \mu_{Moderada}(6,5) + \mu_{Moderada}(97)}$$

Entonces reemplazando los valores se tiene:

$$y = \frac{11 * 0,5 + 42 * 2 + 6,5 * 0,25 + 97 * 0,6}{0,5 + 2 + 0,25 + 0,6}$$

$$y = \frac{5,5 + 84 + 1,62 + 58,2}{0,5 + 2 + 0,25 + 0,6} = \frac{149,35}{3,35}$$

$$y = 44,6$$

Por lo tanto, se concluye de acuerdo a la Tabla 3.15, el valor de $y = 44.6$ se encuentra en el rango de $[40 - 80]$, lo cual constituye que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropénica Moderada.

3.5 Fase de Implementación.

Una vez realizada la adquisición de conocimiento y la construcción de la base de conocimientos, base de hechos y base de reglas, solo queda realizar la implementación del prototipo.

3.5.1 Requerimiento de Hardware.

Las características mínimas de hardware son: Un equipo Pentium i3 con microprocesador de 2000 Mhz., y memoria RAM de 8 GB. Sistema Operativo Windows 10 o versiones superiores.

3.5.2 Desarrollo del Prototipo del Sistema Experto.

3.5.2.1 Interfaces del prototipo del Sistema Experto.

Previamente antes de desarrollar el prototipo, es necesario realizar los diseños de la interfaz. El diseño de la interfaz tiene como objetivo describir cómo se realizará la visualización del prototipo. Al diseñar la interfaz, será más fácil para el programador realizar dicho proceso.

Para tal propósito, fue necesario realizar el diseño esquemático del prototipo de Sistema Experto (SE) de diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia en el periodo de gestación, se utilizó la aplicación, en su versión gratuita, llamada *Balsamiq Mockups*.

El *Balsamiq* es una herramienta *wireframe*², el cual fue utilizado para crear el boceto digital del prototipo. En cual permitió esbozar las pantallas de los distintos módulos del prototipo del Sistema Experto. Posteriormente, se presentará el prototipo desarrollado del Sistema Experto de diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia en el periodo de gestación.

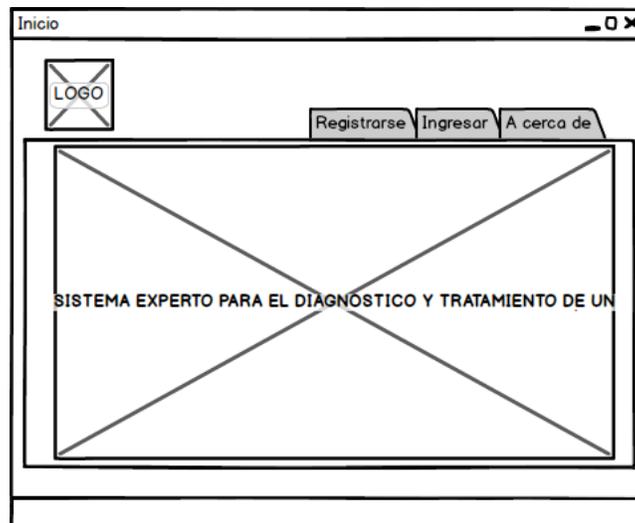
- **Pantalla Principal.**

El diseño de la interfaz de inicio es desplegado por primera vez cuando el prototipo del Sistema Experto es ejecutado. En la barra de menú, de la interfaz de inicio, existen tres submenús, los cuales son: Registrarse, Ingresar y Acerca de.

El diseño de la interfaz se ilustra en la siguiente Figura 3.11.

² Los *wireframes* son utilizados principalmente para crear prototipos y maquetas de la Interfaz Gráfica de Usuario iniciales (en inglés GUI) para probar y evaluar diferentes ideas. La función de *wireframes* es comunicar la estructura de la GUI y describir la navegación al usuario. Por otra parte, un *wireframe* también es utilizado para el diseño de páginas o sitios web, como una guía visual que representa el esqueleto o estructura visual del sitio web. El *wireframe* esquematiza el diseño de página y la disposición del contenido del sitio, incluyendo elementos de la interfaz y sistemas de navegación, y cómo funcionan en conjunto. Dicho esquema carece de estilo tipográfico, color o aplicaciones gráficas, debido a su principal objetivo el cual es brindar funcionalidad, comportamiento y jerarquía de contenidos

Figura 3.11 Diseño de la Interfaz de la Pantalla Principal del Prototipo del SE



- **Diseño de la interfaz de Registro.**

El diseño de la interfaz de Registro es una pantalla para registrarse con el fin de ejecutar un sistema experto. En el diseño de la interfaz de Registro, existe un formulario de registro que consta de los siguientes campos: Nombre de la paciente, Apellidos de la Paciente, Fecha de nacimiento, Dirección de domicilio, Nacionalidad, Edad, Género, para el registro de pacientes. Como se observa en la Figura 3.12.

Figura 3.12 Diseño de la Interfaz de Registro de la Paciente.

En cuanto a la interfaz de Registro del Experto Ginecólogo Obstetra, el formulario consta de los siguientes campos: Nombre y Apellidos del experto, Fecha de nacimiento, Dirección de domicilio, Nacionalidad, Edad, Género. Cabe recalcar que para el registro de experto, este proceso es realizado solamente por el administrador del Prototipo del Sistema Experto.

El diseño de la interfaz de registro del experto se observa en la siguiente Figura 3.13.

Figura 3.13 Diseño de la Interfaz del Registro del Experto.

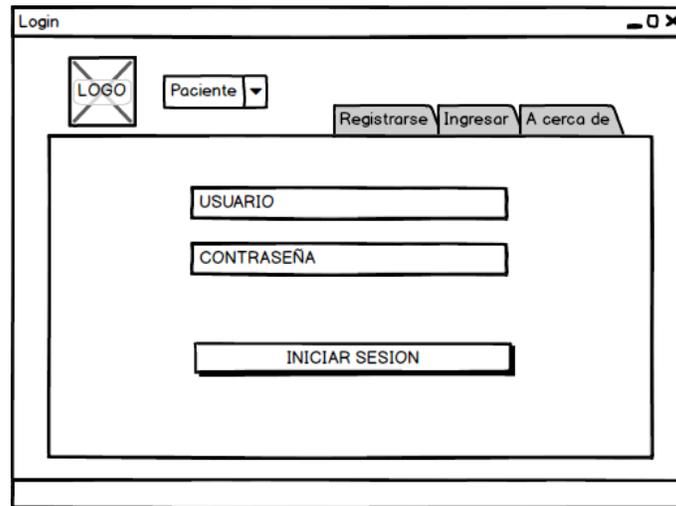
The image shows a software window titled "Registro Medico Experto". Inside the window, there is a logo placeholder labeled "LOGO" and a dropdown menu labeled "Experto". Below these are three buttons: "Registrarse", "Ingresar", and "A cerca de". The main form contains the following fields: "Nombre(s) Experto:", "Apellidos de Experto:", "Fecha de Nacimiento:", "Direccion de Domicilio:", "Especialidad:", "Nacionalidad:", "Edad:", and "Genero:". A "Registrarse" button is located at the bottom right of the form area.

- **Diseño de la interfaz de inicio de sesión.**

El diseño de la interfaz de inicio de sesión es una pantalla que se muestra después que la paciente ha sido registrada con éxito. Antes de utilizar el Prototipo del Sistema Experto, el usuario registrado debe iniciar la sesión primero introduciendo en los campos el usuario y la contraseña correspondiente.

El diseño de la interfaz de inicio de sesión se ilustra en la Figura 3.14.

Figura 3.14 Diseño de interfaz de inicio de sesión



The image shows a login window titled "Login". It features a "LOGO" icon on the left and a "Paciente" dropdown menu. To the right are three buttons: "Registrarse", "Ingresar", and "A cerca de". The main content area contains three input fields: "USUARIO", "CONTRASEÑA", and "INICIAR SESION".

- **Diseño de la interfaz de Factores Maternos Pregestacionales.**

El diseño de la interfaz de los Factores Maternos Pregestacionales de la paciente refiere información previa a la gestación. El diseño de la interfaz se observa en la Figura 3.15

Figura 3.15 Diseño de la interfaz de los Factores Maternos Pregestacionales



The image shows a window titled "Factores Pregestacionales". It has a "LOGO" icon and buttons for "Registrarse", "Ingresar", and "A cerca de". The main content area is titled "FACTORES MATERNOS PREGESTACIONALES" and contains four input fields: "FACTORES MATERNOS", "FACTORES DE COMPORTAMIENTO", "FACTORES CLINICO", and "SINTOMAS". To the right of these fields are three sets of radio buttons: "PARIDAD: MULTIPARA PRIMIPARA", "GESTACION: MULTIGESTA PRIMAGESTA", and "INGESTA DE HIERRO: ADECUADO INADECUADO". A "GUARDAR" button is located at the bottom right.

- **Diseño de la interfaz de los Factores de Comportamiento Personal.**

El diseño de la interfaz de los Factores de comportamiento personal de la paciente refiere información de los hábitos de la paciente. El diseño de la interfaz de Factores de Comportamiento personal se observa en la Figura 3.16.

Figura 3.16 Diseño de la interfaz de los Factores de Comportamiento Personal

- **Diseño de la interfaz de los Factores Clínicos – Laboratorio.**

El diseño de la interfaz de los Factores de Clínicos – Laboratorio, refiere a la información obtenida de las pruebas de laboratorio realizadas a la paciente. El diseño de la interfaz se observa en la Figura 3.17.

Figura 3.17 Diseño de la interfaz de los Factores Clínicos – Laboratorio

- **Diseño de la interfaz de los Síntomas.**

El diseño de la interfaz de los Síntomas refiere a la información sobre las dolencias de la paciente. El diseño de la interfaz de síntomas se observa en la Figura 3.18.

Figura 3.18 Diseño de la interfaz de los Síntomas

The screenshot shows a web browser window titled 'Síntomas'. In the top left corner, there is a 'LOGO' button. In the top right corner, there are three buttons: 'Registrarse', 'Ingresar', and 'A cerca de'. The main content area is titled 'SINTOMAS'. On the left side, there is a vertical stack of four buttons: 'FACTORES MATERNOS', 'FACTORES DE COMPORTAMIENTO', 'FACTORES CLINICO', and 'SINTOMAS'. On the right side, there are four rows of text, each followed by two checkboxes: 'CEFALEA: PRESENTE AUSENTE', 'FATIGA: PRESENTE AUSENTE', 'SOMNOLENCIA: PRESENTE AUSENTE', and 'HIPOREXIA: PRESENTE AUSENTE'. At the bottom right of the form, there is a 'GUARDAR' button.

- **Diseño de interfaz de Diagnóstico**

El diseño de la interfaz de Diagnóstico refiere a la información sobre el tipo de anemia que la paciente presenta. El diseño de la interfaz de Diagnóstico se observa en la Figura 3.19.

Figura 3.19 Diseño de interfaz de Diagnóstico

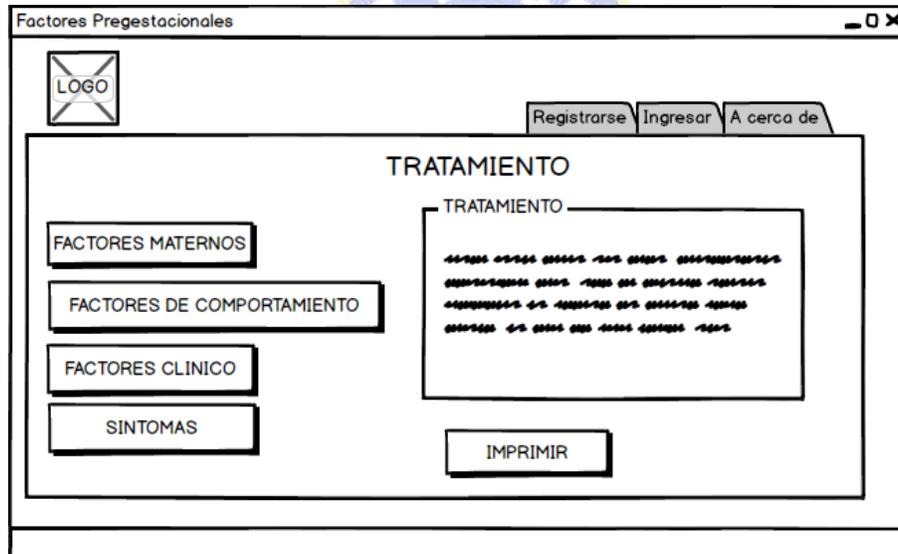
The screenshot shows a web browser window titled 'Diagnostico'. In the top left corner, there is a 'LOGO' button. In the top right corner, there are three buttons: 'Registrarse', 'Ingresar', and 'A cerca de'. The main content area is titled 'DIAGNOSTICO'. On the left side, there is a vertical stack of four buttons: 'FACTORES MATERNOS', 'FACTORES DE COMPORTAMIENTO', 'FACTORES CLINICO', and 'SINTOMAS'. On the right side, the text 'ANEMIA FERROPENICA LEVE' is displayed. At the bottom right of the form, there is a 'TRATAMIENTO' button.

- **Diseño de la interfaz de Tratamiento.**

El diseño de la interfaz de Tratamiento refiere al tipo de tratamiento que la paciente seguirá después de realizar el diagnóstico.

El diseño de la interfaz de Tratamiento se observa en la Figura 3.20.

Figura 3.20 Diseño de la interfaz de Tratamiento



3.5.2.2 Implementación del Prototipo del Sistema Experto.

- **Implementación de la interfaz de Inicio.**

La interfaz de inicio es la pantalla de ingreso y bienvenida que el experto observa a un inicio. En esta interfaz existe un menú con opciones.

Para ingresar al Sistema Experto y realizar una consulta, primero las Pacientes deben ser registradas si no tienen una cuenta, e ingresar si ya fueron registradas previamente.

La interfaz de inicio se observa en la Figura 3.21.

Figura 3.21 Interfaz de Inicio del Prototipo del Sistema Experto



- **Implementación de la interfaz de Registro.**

La interfaz de registro es el formulario que es utilizado para ingresar los datos concernientes de la paciente.

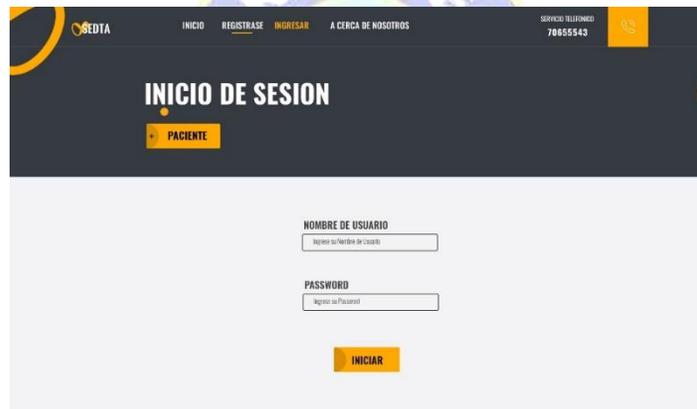
Esta interfaz contiene unos campos para ser llenado que incluye el Nombre, Apellidos, Fecha de nacimiento, Dirección, Nacionalidad, Género, Edad y Correo electrónico. Una vez ingresado los datos se generará automáticamente el usuario y contraseña, los mismos que serán enviado al correo electrónico. La interfaz de registro se observa en la siguiente Figura 3.22.

Figura 3.22 La interfaz de Registro del Prototipo del Sistema Experto

- **Implementación de la interfaz de Inicio de Sesión.**

La interfaz de inicio de sesión es el modulo utilizado para ingresar a la interfaz de la administración principal, es decir, al módulo de procesamiento de datos. Esta interfaz contiene un formulario de llenado, el cual contiene: un campo de nombre de usuario y un campo contraseña. La interfaz de Inicio de sesión se observa en la siguiente Figura 3.23.

Figura 3.23 Interfaz de Inicio de sesión del Prototipo del Sistema Experto



- **Implementación de la interfaz de los Factores Maternos Pregestacionales.**

La interfaz de los Factores Maternos Pregestacionales es utilizada para ingresar los datos concernientes a la información antes de la gestación. En modulo contiene campos como ser: Paridad, gestación, Ingesta de Hierro e Índice de masa corporal. La interfaz de los Factores Maternos Pregestacionales se observa en la siguiente Figura 3.24.

Figura 3.24 Interfaz de llenado acerca de los factores Pregestacionales.



- **Implementación de la interfaz de Factores de Comportamiento Personal.**

La interfaz de Factores de Comportamiento Personal es utilizada para ingresar datos concernientes a los hábitos cotidianos que llegan a ser perjudiciales en la etapa de gestación. Esta interfaz contiene campos como ser: Tabaquismo, Alcoholismo, Drogas y Uso Indebido de medicamentos. La interfaz de Factores de Comportamiento Personal se observa en la siguiente Figura 3.25.

Figura 3.25 Interfaz de llenado a cerca de los factores de Comportamiento Personal

- **Implementación de la interfaz de los Factores Clínicos – Laboratorio.**

La interfaz de Factores Clínicos – Laboratorio es utilizada para ingresar datos como la cantidad de Hemoglobina, la cantidad de Hematocritos, la cantidad de Glóbulos Rojos y el volumen Corpuscular Medio. La interfaz de los Factores de Comportamiento Personal se observa en la siguiente Figura 3.26.

Figura 3.26 Interfaz de los Factores Clínicos – Laboratorio

- **Implementación de la interfaz de Síntomas.**

La interfaz de Síntomas es utilizada para ingresar datos de síntomas que presenta la paciente al momento de realizar la consulta, entre los síntomas característicos se tiene: la Cefalea, la fatiga, somnolencia, entre otros. La interfaz de Síntomas se observa en la siguiente Figura 3.27.

Figura 3.27 Interfaz de Síntomas

+	FACTORES MATERNOS PREGESTACIONALES	CEFALEA:	PRESENTE <input type="checkbox"/>	AUSENTE <input type="checkbox"/>	PALIDEZ CUTANEO M.:	PRESENTE <input type="checkbox"/>	AUSENTE <input type="checkbox"/>
+	FACTORES DE COMPORTAMIENTO P.	FATIGA:	PRESENTE <input type="checkbox"/>	AUSENTE <input type="checkbox"/>	HIPOTENSION:	PRESENTE <input type="checkbox"/>	AUSENTE <input type="checkbox"/>
+	FACTORES CLINICO-LABORATORIO	SOMNOLENCIA:	PRESENTE <input type="checkbox"/>	AUSENTE <input type="checkbox"/>	LIPOTIMIA:	PRESENTE <input type="checkbox"/>	AUSENTE <input type="checkbox"/>
+	SINTOMAS	HIPOREXIA:	PRESENTE <input type="checkbox"/>	AUSENTE <input type="checkbox"/>	PIEL FRÍA:	PRESENTE <input type="checkbox"/>	AUSENTE <input type="checkbox"/>
		UÑAS QUEBRADIZAS:	PRESENTE <input type="checkbox"/>	AUSENTE <input type="checkbox"/>	DELIRIO:	PRESENTE <input type="checkbox"/>	AUSENTE <input type="checkbox"/>

DIAGNOSTICO

- **Implementación de la interfaz de Diagnóstico.**

La interfaz de Diagnóstico es utilizada para realizar el diagnóstico del tipo de Anemia que la paciente presenta en ese instante, en base a los datos anteriormente ingresados del paciente. La interfaz de Diagnóstico se observa en la siguiente Figura 3.28.

Figura 3.28 Interfaz de Diagnóstico

USTED PADECE DE UN CUADRO CLINICO DE ANEMIA FERROPENICA MODERADA

TRATAMIENTO

- **Implementación de la interfaz de Tratamiento.**

La interfaz de Tratamiento muestra la receta a seguir por la paciente de acuerdo al cuadro clínico de Anemia Ferropénica que la paciente presenta. La interfaz de Tratamiento se observa en la siguiente Figura 3.39.

Figura 3.29 Interfaz de Tratamiento



3.6 Fase de Validación.

La fase de Validación del prototipo del Sistema Experto será desarrollada en el siguiente Capítulo IV con la cantidad suficiente de casos de prueba para probar el prototipo del Sistema Experto que cubra todo el dominio. Tomando en cuenta que los errores (la incompletitud e inconsistencia), fueron detectados para luego redefinir la base de conocimientos (tanto en la estructura como en el contenido), así como también, las reglas de inferencia.

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Así como es una parte tan importante la teoría que respalda el presente trabajo de investigación, también lo es la correspondiente prueba de hipótesis y los resultados que derivan de la misma.

En este capítulo el objetivo central del presente capítulo es llegar a comprobar o rechazar la hipótesis planteada previamente, confrontando el enunciado teórico con los hechos empíricos.

4.1 Prueba de hipótesis.

En el mundo real existe un sinnúmero de problemas, de todo tipo de índole; de la misma manera existen otros tipos de problemas en las áreas de la ingeniería, ciencia y administración, en el cual se requiere tomar una decisión entre aceptar o rechazar una proposición sobre algún tipo de parámetro, precisamente a esta proposición es denominada hipótesis.

De esta forma, una definición formal y estadística de hipótesis es una proposición o supuesto sobre los parámetros de una o más poblaciones. Para este tipo de aplicaciones los tipos de hipótesis usadas de manera formal son las siguientes:

- H_i : que representa hipótesis de investigación.
- H_0 : que representa hipótesis nula.

Algo para tomar en cuenta, es que las hipótesis siempre son proposiciones sobre la población o sobre la muestra.

Un procedimiento que conduce a una decisión sobre una hipótesis en particular recibe el nombre de prueba de hipótesis.

Los procedimientos de la prueba de hipótesis dependen del empleo de la información contenida en la muestra aleatoria de la población de interés. Si esta información es

consistente con la hipótesis, se concluye que esta es verdadera; por otra parte si esta información es inconsistente con la hipótesis, se concluye que esta es falsa.

Debe hacerse hincapié en que la verdad o falsedad de una hipótesis en particular nunca es conocida con certidumbre, a menos que toda la población sea examinada. Usualmente, es difícil y hasta imposible en muchas situaciones prácticas. Por tanto, es necesario desarrollar un procedimiento de prueba de hipótesis teniendo en cuenta la probabilidad de llegar a una conclusión equivocada.

La hipótesis de investigación, representada por H_i , es la afirmación sobre una o más características de poblaciones que al inicio se supone es cierta para el investigador.

La hipótesis nula, representada por H_0 , es la afirmación contradictoria a H_i .

4.2 Etapas Básicas para la prueba de hipótesis.

A continuación se brindará los pasos para una prueba de hipótesis, la cual servirá de gran manera en el presente capítulo:

- Paso 1: Planteamiento de la hipótesis de investigación y la hipótesis nula.
- Paso 2: Especificación del nivel de significancia.
- Paso 3: Identificación del estadístico de prueba.
- Paso 4: Determinación de las regiones de aceptación y rechazo de la H_i
- Paso 5: Experimentación.
- Paso 6: Toma de decisiones.

4.3 Desarrollo de la prueba de hipótesis.

- **Paso 1: Planteamiento de la hipótesis de investigación y la nula.**

H_i = En base a la Lógica Difusa, el prototipo del Sistema Experto obtiene un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación, con una confiabilidad mayor al 90 %.

H_0 = En base a la Lógica Difusa, el prototipo del Sistema Experto **NO** obtiene un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación, con una confiabilidad mayor al 90 %.

- **Paso 2: Especificación del nivel de significancia.**

El nivel de significancia elegida para la prueba de hipótesis es de 90%, lo que quiere decir, que $\alpha = 0.1$ en la tabla Normal.

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

Para este caso se utilizó el estadístico de prueba de rachas o Wald- Wolfowitz, una racha es una secuencia de datos que tienen la misma característica; la secuencia es precedida y seguida por datos con una característica diferente o por ningún dato en absoluto. En otras palabras, en la prueba de rachas se utilizan signos de los residuos y sus variaciones de negativo a positivo o viceversa. Una racha vendrá constituida por la sucesión de signos iguales.

Por tanto, la fórmula utilizada para el estadístico de prueba es:

$$z = \frac{R_{Exp} - E(k)}{S(k)}$$

Donde:

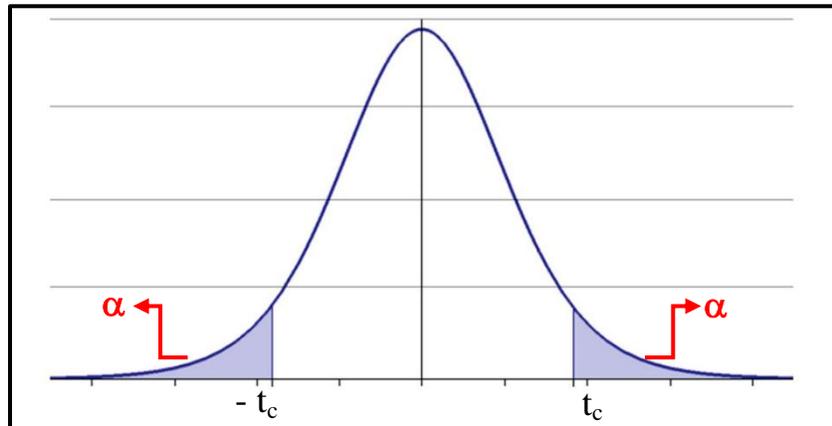
$$E(k) = \frac{2n_1 n_2}{n_1 + n_2} + 1$$

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

- **Paso 4: Determinación de las regiones de aceptación y rechazo de la H_0**

La determinación de las regiones de aceptación y rechazo para la hipótesis planteada está ilustrada en la siguiente Figura 4.1:

Figura 4.1 Región crítica para la hipótesis



El valor t_c es calculado de la siguiente manera:

$$c = 1 - \frac{\alpha}{2} = 1 - \frac{0.1}{2} = 0.95$$

Entonces se tiene calculado el $t_{0.95}$. Es necesario ubicar el valor 0.95 la tabla de la distribución normal estándar, la misma se encuentra en el anexo A, para hallar el valor crítico como se muestra en la siguiente Figura 4.2.

Figura 4.2 Resultado tabla de la Distribución Normal Estándar

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
0.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
0.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
0.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
0.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
0.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857

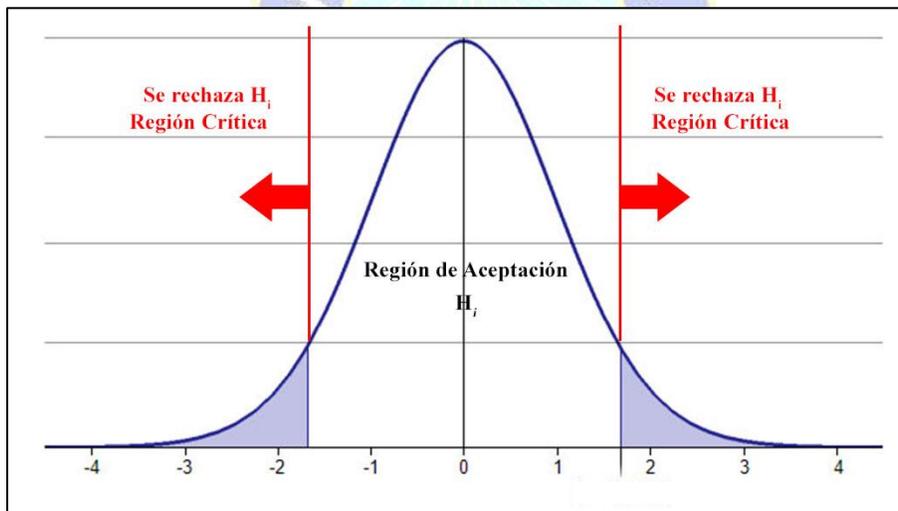
Una vez ubicado el valor 0.95, el valor de correspondencia horizontalmente es de 1.6, de igual manera el valor correspondiente verticalmente es de 0.05, donde la suma de ambos valores da el resultado de $t_{0,95}$ cómo se describe a continuación:

$$t_{0,95} = 1.6 + 0,05$$

$$t_{0,95} = 1.65$$

Por lo tanto, la región Crítica es $t_c = \pm 1.65$ y la región de aceptación es = $[-1.65, 1.65]$ como se aprecia en la Figura 4.3.

Figura 4.3 Determinación de la región crítica



- **Paso 5: Experimentación.**

Para realizar la prueba, se tomó como muestra 40 historias Clínicas de mujeres gestantes, entre pacientes recurrentes, pacientes no recurrentes, del consultorio del Experto Ginecólogo Obstetra, de las cuales el Experto infirió 34 diagnósticos y 6 fueron descartados, los cuales no se tomaron en cuenta por que los síntomas y factores que presentaron las pacientes no mostraban señales de Anemia Ferropénica, si no otras patologías que no están enmarcadas en la presente investigación. Posteriormente, las 34 historias Clínicas fueron comparadas con los diagnósticos efectuados por el Sistema

Experto en función a la Prueba de Rachas. Los datos obtenidos bajo el criterio descrito en el paso 3 proveen los siguientes datos como se muestran en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Pruebas del Prototipo del Sistema Experto

Nro.	DIAGNOSTICO DEL EXPERTO GINECOLOGO OBSTETRA	DIAGNOSTICO INFERIDO POR EL SISTEMA EXPERTO	RACHAS
1	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Leve	+
2	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Moderada	+
3	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Leve	+
4	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Severa	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Moderada	-
5	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Moderada	+
6	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Leve	+
7	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Leve	-
8	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Leve	+
9	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Severa	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Severa	+
10	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Moderada	+
11	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Moderada	+
12	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clínico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Experto es Anemia Ferropenica Moderada	-

13	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Leve	-
14	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Moderada	-
15	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Moderada	+
16	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Severa	-
17	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Leve	+
18	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Leve	+
19	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Leve	-
20	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Leve	-
21	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Moderada	+
22	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Leve	+
23	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Moderada	+

24	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Severa	-
25	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Severa	-
26	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Leve	-
27	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Moderada	+
28	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica leve	+
29	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Moderada	+
30	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Leve	+
31	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Leve	+
32	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Moderada	-
33	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Moderada	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Severa	-
34	El diagnostico del Medico Ginecologo Obstetra experto indica que la paciente presenta un cuadro clinico de Anemia Ferropenica Leve	El diagnostico del Prototipo del Sistema Expero es Anemia Ferropenica Severa	-

Una racha estará constituida por una secuencia de signos iguales. Para el presente caso se realizó la evaluación correspondiente con el prototipo del Sistema Experto de diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, donde obtuvieron los siguientes resultados:

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

Donde:

- (-) Representa a los casos que NO reconoce el Sistema Experto.
- (+) Representa a los casos que SI reconoce el Sistema Experto.

Por tanto, la siguiente Tabla 4.2 muestra la interpretación de las rachas obtenidas como consecuencia de la sucesión de signos iguales.

Tabla 4.2 Rachas obtenidas e interpretadas

TOTAL DE RACHAS	R_{Exp} = 14
Total de Observaciones	N = 34
Residuos Positivos	n ₁ = 20
Residuos Negativos	n ₂ = 14

Siendo que una racha está construida por la sucesión de signos iguales. En el presente caso se tiene 14 rachas, donde n₁=20 es el número de residuos positivos y n₂=14 es el número de residuos negativos de un total de N= 34 Observaciones.

Una vez obtenidos los resultados de las rachas, fue necesario calcular la esperanza y la varianza, las cuales están representadas en la siguiente Tabla 4.3.

Obteniendo los siguientes resultados, es necesario calcular el estadístico de prueba:

$$z = \frac{R_{Exp} - E(k)}{S(k)} = \frac{14 - 17.47}{4.33} = -0.80$$

Tabla 4.3 Cálculo de la medida de dispersión (Varianza) y la medida de tendencia central (Esperanza)

ESPERANZA	VARIANZA
$E(k) = \frac{2n_1 n_2}{n_1 + n_2} + 1$	$S^2(k) = \frac{2n_1 n_2 (2n_1 n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)} + 1$
$E(k) = \frac{2 * 20 * 14}{20 + 14} + 1$	$S^2(k) = \frac{2 * 20 * 14 (2 * 20 * 14 - 20 - 14)}{(20 + 14)^2 (20 + 14 - 1)} + 1$
$E(k) = \frac{560}{34} + 1$	$S^2(k) = \frac{560 (526)}{(1156) (33)} + 1$
$E(k) = 16.47 + 1$	$S(k) = \sqrt{\frac{294560}{38148}} + 1$
$E(k) = 17.47$	$S(k) = 4,33$

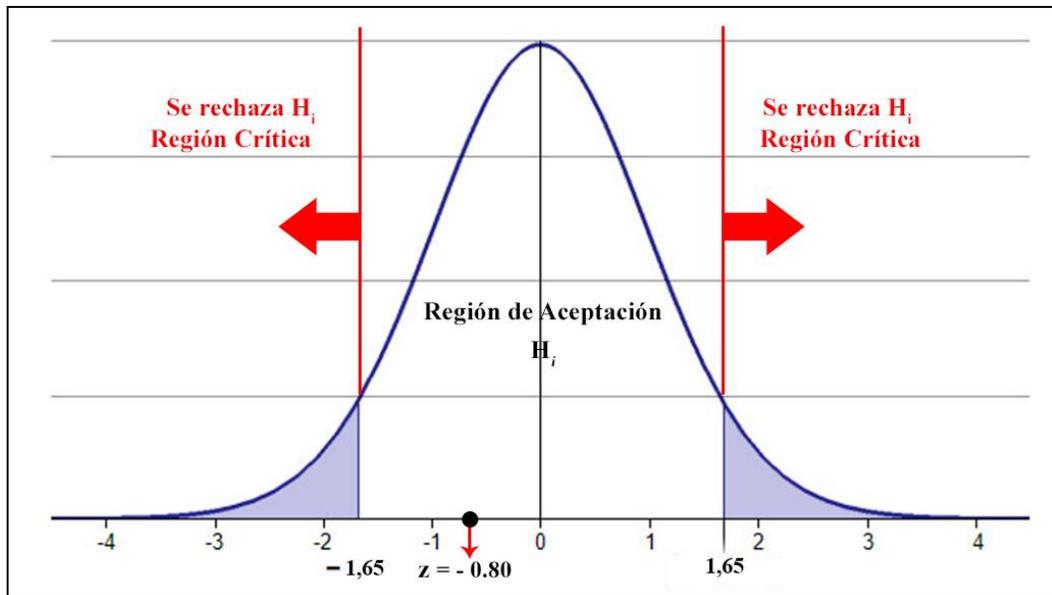
- **Paso 6: Toma de decisión.**

Al ubicar el valor del estadístico z, como se observa en la Figura 4.4, donde la región Crítica está dada por: $t_c = \pm 1.65$ y la región de aceptación es $= [-1.65, 1.65]$ el valor del estadístico que es $z = -0,80$ está dentro del intervalo $[-1.65, 1.65]$.

Por tanto, se rechaza la Hipótesis Nula H_0 y se acepta la hipótesis de investigación H_i , la cual refiere de la siguiente manera:

“En base a la Lógica Difusa, el prototipo del Sistema Experto obtiene un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación, con una confiabilidad mayor al 90 %”.

Figura 4.4 Ubicación del Estadístico z para la toma de decisión.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusión general, de acuerdo a la estructura de la tesis desarrollada y los anexos complementarios generados en el contexto de la presente investigación, cabe afirmar la completitud tanto del objetivo general como los objetivos específicos, presentados en el capítulo I de la presente tesis.

5.1 Conclusiones.

El siguiente trabajo permite llegar al siguiente resumen de conclusiones:

- El objetivo general indica: “Desarrollar un prototipo de Sistema Experto (SE) que permita obtener un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación”. Todo el constructo teórico anteriormente citado en el Capítulo II está plasmado en el desarrollo de cada fase de la metodología de Buchanan la cual brinda aspectos característicos para el desarrollo del prototipo. Así como también, se desarrolló el prototipo para obtener un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación plasmado en el capítulo III, generando así un diagnóstico factible plasmado en el capítulo IV de comprobación de la Hipótesis.

De acuerdo con los objetivos específicos de la presente investigación, el cumplimiento de cada uno, es detallado a continuación:

- Para el cumplimiento del objetivo específico: “Determinar un cuadro clínico de anemia, a través de técnicas de adquisición de conocimiento”, se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica integra en lo que respecta a las características de un cuadro clínico de anemia en el periodo de gestación, así como también, las características de los Sistemas Expertos, lo que derivó a la construcción del modelo genérico conceptual para el desarrollo del prototipo de Sistema Experto como solución del problema planteado en el capítulo I.

- Para el cumplimiento del objetivo específico: “Establecer el estado nutricional de la paciente en gestación mediante las reglas de producción en una base de conocimiento”, la base de conocimiento está fundamentada en el conocimiento y la información obtenida, mediante las entrevistas, del experto Ginecólogo Obstetra, plasmadas en reglas de producción, llegando a obtener 66 reglas en base a las 23 variables de entrada y 3 variables de salida las mismas que ofrecen la flexibilidad necesaria para la creación y la modificación de la base de conocimiento.
- Para el cumplimiento del objetivo específico: “Identificar el tipo de anemia de la paciente en gestación mediante la elaboración del mecanismo de inferencia por medio del diseño de conjuntos difusos”, se concretó la formalización del conocimiento con la aplicación de lógica difusa en variables consideradas como imprecisa, tales como el nivel de hemoglobina, el nivel de hematocrito entre otros, para los cuales se desarrolló las respectivas funciones de pertenencia y el conjunto difuso, mediante las cuales son necesarias para la identificación del tipo de anemia que la paciente conlleva.
- Para el cumplimiento del objetivo específico: “Proponer el diagnóstico y tratamiento para el mejoramiento nutricional de la paciente gestante”, se concretó este objetivo con el diseño del prototipo en base a las reglas de producción basada en la experiencia del Experto, la cual se evidencio en el diagnóstico realizado por el prototipo conjuntamente con las pruebas realizadas y la validación del modelo del Sistema Experto, detalladas en el capítulo III.
- Para el cumplimiento del objetivo específico: “Evaluar el grado de confianza del prototipo del Sistema Experto en el campo de la Medicina mediante la comparación con diagnósticos emitidos por el Experto Ginecólogo Obstetra”, se concretó con la demostración de la hipótesis, mediante la comparación de los diagnósticos emitidos en los historiales de las pacientes en la etapa de gestación, con los resultados obtenidos con el prototipo del Sistema Experto, donde se determinó el porcentaje de precisión del Prototipo del Sistema Experto, el cual alcanza a más del 90% de

confiabilidad. Demostrando así un alto grado de confianza del prototipo de Sistema Experto (SE) que permita obtener un diagnóstico y tratamiento de un cuadro clínico de anemia, en el periodo de gestación, en base la Lógica Difusa.

5.2 Recomendaciones.

Se propone las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones sobre el tema planteado:

- En el desarrollo de este trabajo se consideró solamente el último trimestre del periodo de gestación por lo que se recomienda la implementación de un Sistema Experto con una base de conocimiento más completa considerando los tres trimestres que dura el periodo de gestación.
- Se recomienda realizar una investigación acerca del diagnóstico de la anemia en el periodo de embarazo basado en las Redes Neuronales Artificiales con la arquitectura de un Sistema Experto, para contrastar con los resultados obtenidos en la presente investigación
- Se recomienda realizar una investigación acerca del diagnóstico de la anemia en el periodo de embarazo basado en las Redes Bayesianas con la arquitectura de un Sistema Experto, para el diseño de un árbol de decisión.
- Se recomienda utilizar la presente Tesis de Grado como base para un Proyecto de Grado que tenga como resultado un software de Sistema Experto final para el diagnóstico de la anemia en el periodo de embarazo.

Bibliografía.

Badaro, S., Ibañez, L. J., & Agüero, M. (2013). Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones. *Ciencia y tecnología*, 349-364. Recuperado el 2021, de <https://dspace.palermo.edu/ojs/index.php/cyt/article/view/122>.

Bustillos Salgado, M. (2008). Sistemas Expertos para la Asistencia Médica. *Revista de Información, Tecnología y Sociedad*, 84-87. Obtenido de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1997-40442008000200021&lng=en&nrm=iso

Aliaga Barrionuevo, A. L. (2017). Sistema Experto para el diagnóstico de Parkinson. Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés, Carrera de Informática, La Paz.

Armstrong, G., & Kotler, P. (2015). *Marketing an Introduction*. USA: Pearson Education Limited.

Barchini, G., Sosa, M., & Herrera, S. (2004). La informática como disciplina científica. Ensayo de mapeo disciplinar. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina.

Cabezas Garcia, D. A., Balderrama Cossio, L., Borda Gonzales, V. J., Colque Choque, C. E., & Jiménez de Sanchez, M. (2012). Prevalencia de Anemia Nutricional en el Embarazo, en centros de salud Sarcobamba y Solomon Klein Enero 2010 - 2011. *Revista Científica Ciencia Médica*, 11-13.

Cabrera-Jojoa, C. H. (2014). Sede: Prototipo de sistema experto para el diagnóstico de enfermedades autoinmunes de órgano basado en internist. Artículo, *Universidad y Salud*.

Choque Aspiazú, G. I. (2006). Sistema experto para la medicina Tradicional Boliviana. Tesis Doctoral, La Paz. Recuperado el 2021

Fernández Veizaga, A. (2013). Factores de riesgo asociados con la anemia en embarazadas del Hospital La Paz, Primer Trimestre del 2013. Tesis de Maestría, Universidad Mayor De San Andrés, Facultad De Medicina, Enfermería, Nutrición, Tecnología Médica, La Paz.

Gonzales Cassas, K. A. (2016). Sistema Experto para el diagnóstico de la enfermedad del Zika basado en lógica difusa. Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

González Fernández, M., & Maranto Rivera, M. (2015). *Fuentes de Información*. Artículo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Gupta, I., & Nagpal, G. (2020). Artificial Intelligence and Expert System. Mercury Learning and Information.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). Metodología de la Investigación (5ta ed.). Mexico: McGraw-Hill.

Hendler, J., & Mulvehill, A. M. (2016). Social Machines. Apress.

Hurtado de Barrera, J. (2010). Guía para la comprensión Holística de la ciencia. Universidad Nacional Abierta, Dirección de Investigación y Postgrado. Caracas: Fundación Sypal. Recuperado el 2015

Mueller, J. P., & Massaron, L. (2018). Artificial Intelligence For Dummies. John Wiley & Sons.

MSD. (2014). Guía alimentaria para la mujer durante el período de embarazo y lactancia. La Paz.

Olmo Castillo, M. (2015). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos. Obtenido de Tutorial de Introducción de Lógica Borrosa:
http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/tutorial_fuzzy/contenido3.html

Palma, J., Paniagua, E., Martín, F., & Martín, R. (2000). Ingeniería del Conocimiento. De la Extracción al Modelado de Conocimiento. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, 4(11). Recuperado el Enero de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/925/92541105.pdf>

Pérez, M. (2014). Frecuencia de anemia ferropénica en embarazadas que acuden al centro de salud “san Roque” en los meses de septiembre a octubre. Sucre 2011. *Tópicos Selectos de Química*, 106-167

Rahulkumar Shivajirao, H. (2015). *Advances in Metal Forming. Expert System for Metal Forming*. Springer.

Silva Alanoca, J. (2006). *Sistema Experto para el diagnóstico de la desnutrición de Niñas(os) dentro el SUMI*. Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

ANEXOS

ANEXO A

TABLA A-2		Distribución normal estándar (z): Área acumulativa desde la IZQUIERDA									
z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09	
-3.50 y menores	.0001										
-3.4	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0002	
-3.3	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0004	.0003	
-3.2	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006	.0005	.0005	.0005	
-3.1	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008	.0008	.0007	.0007	
-3.0	.0013	.0013	.0013	.0012	.0012	.0011	.0011	.0011	.0010	.0010	
-2.9	.0019	.0018	.0018	.0017	.0016	.0016	.0015	.0015	.0014	.0014	
-2.8	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021	.0020	.0019	
-2.7	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028	.0027	.0026	
-2.6	.0047	.0045	.0044	.0043	.0041	.0040	.0039	.0038	.0037	.0036	
-2.5	.0062	.0060	.0059	.0057	.0055	.0054	.0052	.0051	*.0049	.0048	
-2.4	.0082	.0080	.0078	.0075	.0073	.0071	.0069	.0068	.0066	.0064	
-2.3	.0107	.0104	.0102	.0099	.0096	.0094	.0091	.0089	.0087	.0084	
-2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110	
-2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143	
-2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183	
-1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233	
-1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294	
-1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367	
-1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	*.0495	.0485	.0475	.0465	.0455	
-1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	*.0606	.0594	.0582	.0571	.0559	
-1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681	
-1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823	
-1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985	
-1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170	
-1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379	
-0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611	
-0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867	
-0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148	
-0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451	
-0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776	
-0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121	
-0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483	
-0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859	
-0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247	
-0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641	

DOCUMENTACIÓN