

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



TESIS DE GRADO

**“SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO PARA EL
DIAGNÓSTICO DE DIABETES TIPO I, TIPO II Y
GESTACIONAL”**

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

POSTULANTE: RICHARD SANTOS BLANCO CHURATA
TUTOR METODOLÓGICO: M. Sc. FRANZ CUEVAS QUIROZ.
ASESOR: Lic. JUAN GONZALO CONTRERAS CANDIA

LA PAZ - BOLIVIA
2017



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



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

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

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

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

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

DEDICATORIA

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

A mi hermana Ruth por el apoyo, la comprensión, que fueron mi inspiración para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme guiado en todos los pasos que di durante todos los años de mi vida.

A mi docente Tutor M. Sc. Franz Cuevas Quiroz, por haberme brindado la colaboración con toda su capacidad, conocimiento y paciencia en la realización del presente Tesis de Grado.

A mi docente Asesor Lic. Juan Gonzalo Contreras Candia, por el asesoramiento, y consejos brindados para el desarrollo del presente trabajo.

A mis padres, Armando y Epifania, a quien debo lo que soy. A mi hermana Ruth por el apoyo incondicional.

RESUMEN

Los sistemas basados en conocimiento, dentro del campo de la inteligencia artificial, son sistemas capaces de realizar tareas similares al razonamiento humano, estos permiten crear sistemas que realicen inferencias a partir de una base de conocimientos que es proporcionada por un experto humano, de forma que sigue los mismos procesos que un especialista humano para resolver un problema en un dominio específico. El usuario lo utiliza para resolver problemas con la eficacia del especialista. El usuario también puede aprender observando, es decir, puede considerarse al sistema experto como un medio de ejecución y transmisión del conocimiento.

El objetivo de esta investigación es proporcionar un diagnóstico de Diabetes en base los factores de riesgo, signos y síntomas que presente una persona. Primero se realiza una detección del factor de riesgo utilizando la escala Findrisc para desarrollar la enfermedad de Diabetes y luego se estudia el proceso que sigue un médico para hacer este diagnóstico.

Con la adopción del método de Buchanan para la construcción de sistemas expertos, además de la lógica difusa y al lenguaje de programación SWI- PROLOG, se llega a concluir el prototipo. Por lo tanto, la investigación muestra los alcances de la tecnología informática para el análisis y detección de enfermedades, donde se toma en cuenta los signos, síntomas, además de los factores de riesgo que determinan porcentajes de riesgo que cualquier persona puede sufrir de esta enfermedad.

Palabras Clave: Sistema Basado en Conocimiento, Diabetes Mellitus, Lógica Difusa, Diagnóstico.

SUMMARY

Knowledge-based systems, within the field of artificial intelligence, are systems capable of performing tasks similar to human reasoning, these allow to create systems that make inferences from a knowledge base that is provided by a human expert, so that Follows the same processes as a human specialist to solve a problem in a specific domain. The user uses it to solve problems with the effectiveness of the specialist. The user can also learn by observing, that is, the expert system can be considered as a means of execution and transmission of knowledge.

The objective of this research is to provide a diagnosis of Diabetes based on the risk factors, signs and symptoms that a person presents. First a risk factor is detected using the Findrisc scale to develop Diabetes disease and then the process followed by a doctor to make this diagnosis is studied.

With the adoption of the Buchanan method for the construction of expert systems, in addition to the fuzzy logic and the SWI-PROLOG programming language, we conclude the prototype. Therefore, research shows the scope of computer technology for the analysis and detection of diseases, which takes into account the signs, symptoms, in addition to the risk factors that determine the percentages of risk that anyone can suffer from this disease.

Key Words: Knowledge Based System, Diabetes Mellitus, Fuzzy Logic, Diagnosis.

ÍNDICE	pág.
CAPITULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.4 HIPÓTESIS.....	6
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.6 ALCANCES Y LÍMITES	8
1.6.1 ALCANCES	8
1.6.2 LIMITES	8
CAPITULO II MARCO TEORICO	9
2.1 SISTEMAS EXPERTOS	9
2.1.1 DEFINICIÓN DE SISTEMA EXPERTO	10
2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS	10
2.1.3 ESTRUCTURA DE SISTEMA EXPERTO.....	11
2.2 LÓGICA DIFUSA	15
2.2.1 CONJUNTOS DIFUSOS	17
2.2.2 OPERACIONES CON CONJUNTOS DIFUSOS.....	18
2.2.3 FUNCIONES DE PERTENENCIA.....	20
2.2.4 VARIABLE LINGÜÍSTICA	22
2.2.6 SISTEMA BASADO EN LÓGICA DIFUSA.....	23
2.3 DIABETES MELLITUS.....	25
2.3.1 CONCEPTO	25

2.3.2	CARACTERÍSTICAS	25
2.3.3	CLASIFICACIÓN DE LA DIABETES MELLITUS	26
2.3.4	DIABETES MELLITUS TIPO 1	26
2.3.5	DIABETES MELLITUS TIPO 2	26
2.3.6	DIABETES MELLITUS GESTACIONAL	27
2.3.7	SÍNTOMAS DE LA DIABETES MELLITUS	28
2.3.8	DIAGNÓSTICO DE LA DIABETES MELLITUS.....	28
2.3.9	PREVENCIÓN DE LA DIABETES MELLITUS.....	30
2.3.10	TRATAMIENTO.....	32
2.3.11	COMPLICACIONES DE LA DIABETES	33
2.4	METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE BUCHANAN	38
2.4.1	IDENTIFICACIÓN.....	38
2.4.2	CONCEPTUALIZACIÓN.....	38
2.4.3	FORMALIZACIÓN.....	39
2.4.4	IMPLEMENTACIÓN.....	39
2.4.5	TESTEO	40
2.4.6	REVISIÓN DEL PROTOTIPO	40
	CAPITULO III MARCO APLICATIVO	41
3	ESTRUCTURA DEL SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO	41
3.1	IDENTIFICACIÓN.....	42
3.1.1	IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	42
3.1.2	COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO PROPUESTO.....	42
3.2	CONCEPTUALIZACIÓN.....	43
3.2.1	ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO	43
3.3	FORMALIZACION.....	44

3.3.1	FASE DE CLASIFICACIÓN.....	44
3.3.2	FASE DE BÚSQUEDA	46
3.3.3	MODELO DIFUSO.....	47
3.3.4	ENTRADAS	50
3.3.5	SALIDAS.....	57
3.3.6	BASE DE CONOCIMIENTO.....	58
3.3.7	REGLAS DIFUSAS.....	58
3.4	IMPLEMENTACION.....	65
3.4.1	DESCRIPCION DEL PROTOTIPO	65
CAPITULO IV PRUEBA DE HIPOTESIS		69
4.	CONTRASTE DE RACHAS DE WALD - WOLFOWITZ	70
4.1	DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS	71
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		75
5.1	CONCLUSIONES	75
5.2	RECOMENDACIONES	78
5.3	TRABAJOS FUTUROS.....	78
BIBLIOGRAFÍA		
GLOSARIO		
ANEXOS		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	pág.
Figura 2.1	Forma de resolver un problema.	10
Figura 2.2	Componentes de un sistema experto	11
Figura 2.3	Complemento de los conjuntos difusos	19
Figura 2.4	Intersección de los conjuntos difusos	20
Figura 2.5	Representación Gráfica de Pertenencia	21
Figura 2.6	Función Triangular	21
Figura 2.7	Función Trapezoidal	22
Figura 2.8	Valores lingüísticos de la variable difusa Velocidad	23
Figura 2.9	Bloques de un sistema de Lógica Difusa	23
Figura 3.1	Metodología de Buchanan vs Sistema Experto	41
Figura 3.2	Estructura del sistema difuso	47
Figura 3.3	Entradas y Salidas del sistema difuso	48
Figura 3.4	Variable Edad	51
Figura 3.5	Variable Sexo	52
Figura 3.6	Variable IMC	53
Figura 3.7	Variable Embarazo	53
Figura 3.8	Variable Glicemia	54
Figura 3.9	Variable Poliuria	55
Figura 3.10	Variable Polidipsia	55
Figura 3.11	Variable Polifagia	56
Figura 3.12	Variable Pérdida de peso	57
Figura 3.13	Variable de Salida	57
Figura 3.14	Pantallas del prototipo	65
Figura 3.15	Pantalla principal del prototipo	66
Figura 3.16	Factor de Riesgo	66
Figura 3.17	Síntomas de Diabetes	67
Figura 3.18	Síntomas de Diabetes	67
Figura 3.19	Pantalla de Diagnóstico	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Descripción	pág.
Tabla 2.1	Primeros sistemas expertos	9
Tabla 3.1	Tabla Descripción de las variables	49
Tabla 4.1	Comparación Diagnóstico Experto VS DIAGDIABET.....	72
Tabla 4.2	Tabla de sumas totales.....	72

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

Como parte de la globalización y del desarrollo económico mundial se observa un incremento en la prevalencia¹ de enfermedades crónicas y degenerativas debido a la mala alimentación, falta de ejercicio, tabaquismo, estrés, etc. que favorecen o coadyuvan al desarrollo y consecuente manifestación clínica de estas enfermedades.

Cada vez estas enfermedades (hipertensión arterial, obesidad, enfermedad coronaria, cáncer, diabetes) se presentan en personas más jóvenes e incluso en niños por lo que es tarea de todos tratar de frenar esta situación concientizando a las personas con mejores hábitos de alimentación, practica de algún deporte y además de un control médico periódico y no sólo cuando se sufre de alguna dolencia.

La diabetes es una afección crónica que se desencadena cuando el organismo pierde su capacidad de producir suficiente insulina o de utilizarla con eficacia.

La insulina es una hormona que se fabrica en el páncreas y que permite que la glucosa de los alimentos pase a las células del organismo, en donde se convierte en energía para que funcionen los músculos y los tejidos. Como resultado, una persona con diabetes no absorbe la glucosa adecuadamente, de modo que ésta queda circulando en la sangre (hiperglucemia) y dañando los tejidos con el paso del tiempo este deterioro causa complicaciones para la salud potencialmente graves (Acerca de Diabetes, 2016).

¹ La prevalencia se define como el número de casos de una enfermedad o evento en una población y en un momento dado (Ibáñez A, 2012).

1.1 ANTECEDENTES

Con un mundo globalizado la estandarización de los hábitos alimenticios, el estrés y la falta de ejercicio también contribuyen a la progresión de enfermedades como la Hipertensión Arterial, Obesidad, Diabetes y otros, en los cuales el número de personas que tienen estas enfermedades se duplicó en los últimos veinte años y de acuerdo a las proyecciones al 2030 se calcula que los casos de Diabetes en el caso particular será la séptima causa de mortalidad en 2030 (OMS, 2014).

En el mundo hay 422 millones de personas con Diabetes y más del 80% de las muertes por diabetes se registran en países de ingresos bajos y medios pero las muertes por diabetes podrían multiplicarse por dos entre 2005 y 2030 (OMS, 2016). En Bolivia hay 90.000 casos de diabetes, La Paz es el segundo departamento del país con más casos de esta patología, el primero es Santa Cruz. El crecimiento de casos nuevos es acelerado y alarmante (Paginasiete, 2016).

Los sistemas expertos forman parte de la ciencia de la computación y dentro de ésta se ubican en la rama de la inteligencia artificial, este término fue usado por primera vez por un doctor de la Universidad Stanford, Edward A. Feigenbaum (Castillo, 1997).

La capacidad de resolución de un problema en un programa de computadora viene del conocimiento de un dominio específico, no solo de las técnicas de programación y el formalismo que contiene. Antes de eso casi todos los investigadores en inteligencia artificial habían tratado de desarrollar métodos generales de programación que resolverían grandes problemas conceptuales pero estos programas resolvían pobremente los problemas individuales (Castillo, 1997).

En el desarrollo de los sistemas expertos también se ha producido a medida que se ha ido desarrollando la Inteligencia artificial y los diferentes métodos que se han empleado para su resolución. El desarrollo de lenguajes como LISP y PROLOG condicionó esa evolución, así como investigaciones en diversos campos relacionados. Los primeros sistemas expertos que se

desarrollaron en los años sesenta eran capaces de resolver solo problemas basados en situaciones determinadas, mediante sistemas de reglas (Castillo, 1997).

Es a partir de los años setenta cuando se empiezan a resolver problemas basados en situaciones inciertas, basados en medidas difusas al principio y en redes probabilísticas con posterioridad.

En 1965 aparece DENDRAL, que tenía el objetivo de estudiar un compuesto químico. El descubrimiento de la estructura global de un compuesto exigía buscar en un árbol las posibilidades, y por esta razón su nombre es DENDRAL que significa en griego "árbol".

En 1972, en la Universidad de Standford se desarrolla MYCIN, sistema experto dentro del campo de la medicina para diagnóstico de enfermedades infecciosas en la sangre. MYCIN se trataba de un sistema experto para el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Desde los resultados de análisis de sangre, cultivos bacterianos y demás datos, el programa era capaz de determinar, o sugerir el microorganismo que estaba causando la infección.

En 1972 aparece el lenguaje PROLOG basado en las teorías de Minsky (Castillo, 1997). En 1973 se desarrolla el sistema experto llamado TIERESIAS. El cometido de este sistema experto era el de servir de intérprete entre MYCIN y los especialistas que lo manejaban.

Entre los años 1980 a 1985 se produce la revolución de los Sistemas Expertos. En estos 5 años se crearon diversos sistemas expertos como el DELTA, de General Electric Company, para la reparación de locomotoras diésel y eléctricas.

A partir de los años noventa y con el desarrollo de la Informática, se produce un amplio desarrollo en el campo de la Inteligencia artificial y los Sistemas Expertos, pudiéndose afirmar que estos se han convertido en una herramienta habitual en determinadas empresas en la actualidad (Castillo, 1997).

Revisando trabajos anteriores se encontraron las siguientes tesis:

- **Developing an Expert System for Diabetics Treatment Advices:** En este estudio, se desarrolló un sistema experto para obtener consejos para el tratamiento de diabéticos. A través de una entrevista directa con especialistas médicos y enfermeras del departamento de diabéticos, el conocimiento necesario fue adquirido, y luego se derivaron las reglas relacionadas. El sistema fue diseñado en VP-Expert Shell en base a reglas. Este sistema experto puede realizar el diagnóstico y tratamiento de pacientes diabéticos los autores son: Seyedeh Talayeh Tabibi, Tawfik Saeed Zaki, Yousef Ataepoor.
- **An Expert System for Diabetes Diagnosis:** El objetivo principal de esta investigación fue diseñar un sistema experto para el diagnóstico de todos los tipos de diabéticos. Después de la adquisición de datos y el diseño de un sistema experto basado en reglas, sus autores son: T. Zeki, M. Malakooti.
- Tesis de licenciatura, año 2015, Un sistema experto difuso para diagnóstico de Diabetes realizada por Viridiana Cruz Gutiérrez y Abraham Sánchez López, en la Universidad Autónoma de Puebla, México cuya finalidad era desarrollar un sistema experto para el diagnóstico de la diabetes con la implementación de inferencia difusa.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Bolivia generalmente el diagnóstico de cualquier enfermedad se realiza tarde ya que no existe el hábito de la revisión periódica en un centro de salud, ya que la gente solo se acostumbra a ir a un centro médico sólo cuando tiene una dolencia o cuando su estado general desmejora. Gran parte de este problema también puede deberse a la condición socio-económica, por lo que algunas personas descuidan su salud y minimizan cualquier dolencia, otro factor importante es que existe un porcentaje alto de personas que no cuentan con seguro de salud por lo que el acceso a una consulta médica se dificulta.

El diagnóstico de una enfermedad como la diabetes se lo realiza generalmente tarde cuando la enfermedad ya compromete varios órganos o cuando las manifestaciones clínicas ya son demasiado evidentes.

Debido a lo anterior se presentan los siguientes problemas:

- Carencia de software para diagnósticos rápidos para personas con Diabetes Mellitus.
- Escasez de diagnóstico por personal no médico como enfermeras o auxiliares de enfermería.
- Escasez de hábito de control médico de las personas.
- Déficit de promoción y prevención en salud.

A continuación se expone la siguiente pregunta de investigación:

¿Un Sistema Basado en Conocimiento para Diagnóstico de Diabetes Mellitus en niños, jóvenes, adultos y mujeres embarazadas, realizará un diagnóstico rápido y confiable de la enfermedad además que brinde un apoyo al personal médico?.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de un sistema basado en conocimiento utilizando Lógica Difusa para el diagnóstico de Diabetes Mellitus.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener el conocimiento del experto para el desarrollo del sistema basado en conocimiento utilizando métodos de obtención del conocimiento como la entrevista.
- Desarrollar la lógica de predicados para formalizar el conocimiento del experto.
- Diseñar la base de conocimientos basado en reglas de producción para almacenar el conocimiento del experto.
- Automatización del proceso de diagnóstico de personas con Diabetes Mellitus.

1.4 HIPÓTESIS

H1: "El sistema basado en conocimiento en base a Lógica Difusa permite el diagnóstico de Diabetes tipo I, Diabetes tipo II, Diabetes gestacional y se establecerá como una herramienta para el personal de salud".

1.5 JUSTIFICACIÓN

- Se pretende que el sistema basado en conocimiento ayude a la población en general al igual que al personal de enfermería y auxiliar de enfermería brindándoles un diagnóstico rápido y correcto.
- El área rural es el que principalmente requiere de la construcción de un sistema basado en conocimiento para el diagnóstico de la Diabetes Mellitus, ya que esta población necesita de instrumentos o sistemas que puedan llevar a cabo un diagnóstico oportuno, donde es de vital importancia un diagnóstico temprano de esta enfermedad. Precisamente con el prototipo se requiere que el diagnóstico sea óptimo y de esta manera lograr un diagnóstico temprano y tratar de reducir las complicaciones de esta enfermedad con un control y tratamiento temprano.
- El desarrollo de un sistema basado en conocimiento se justifica por que la accesibilidad a los expertos humanos se dificulta por diversas causas ya sea por la ubicación geográfica o la situación económica de las personas que soportan sus dolencias a la vez debido a la diversa geografía de Bolivia que cuenta con lugares en los cuales para ingresar a una comunidad específica se deben caminar horas, hasta días por la inaccesibilidad de estas comunidades tanto en el occidente como en aquellos lugares que se encuentran muy cerca de las montañas y en el occidente comunidades muy adentradas en la selva amazónica.
- Se podría indicar que se puede reducir el costo al paciente si se tiene un diagnóstico rápido y eficiente ya que al contar con un diagnóstico, directamente se realizaría el

seguimiento y control por un especialista médico endocrinólogo y de esta forma se puede evidenciar que es viable desarrollar el sistema basado en conocimiento.

- La ayuda que se puede dar a personas de bajos recursos los cuales acuden a farmacias o simplemente no acuden a ningún centro médico por la situación económica se beneficiaría con un diagnóstico eficaz y mucho más económico. Además se debe considerar que si se evita una de las complicaciones más temibles, la nefropatía diabética² se le ahorraría mucho dinero al estado ya que esta es muy costosa para el sistema de salud.
- Con el sistema basado en conocimiento se quiere mantener el conocimiento del experto humano esto debido a que la mente humana es frágil y es propensa a incursionar en algunos errores ya sean olvidos o confusiones.
- Los sistemas basados en conocimiento son extraordinarios asistentes para tratar o diagnosticar algunas patologías, estos poseen un conjunto de conocimientos que conlleva a obtener conclusiones y acciones mediante el motor de inferencia el cual estará basado en lógica difusa y su base de conocimiento almacenara conocimientos de un experto humano, que a diferencia del experto humano estará disponible en cualquier tiempo y lugar.
- La búsqueda de encontrar soluciones a problemas de la sociedad, nos obliga a buscar soluciones desde el ámbito de la informática y por consiguiente surgen distintas alternativas, para dar soluciones a problemas específicos de las personas. En este contexto el prototipo del sistema basado en conocimiento se presenta como una alternativa que integra ciencia y tecnología contribuyendo así el avance de la informática y la medicina en la sociedad.

² La nefropatía diabética es una complicación frecuente tanto en la diabetes mellitus tipo 1 como en la tipo 2, afectando a aproximadamente el 30 a 40% de los pacientes adultos portadores de esta enfermedad; un alto porcentaje de los enfermos que la presentan evolucionan a la insuficiencia renal crónica terminal, constituyendo la principal causa de ésta en el mundo occidental (Ugarte, 2002).

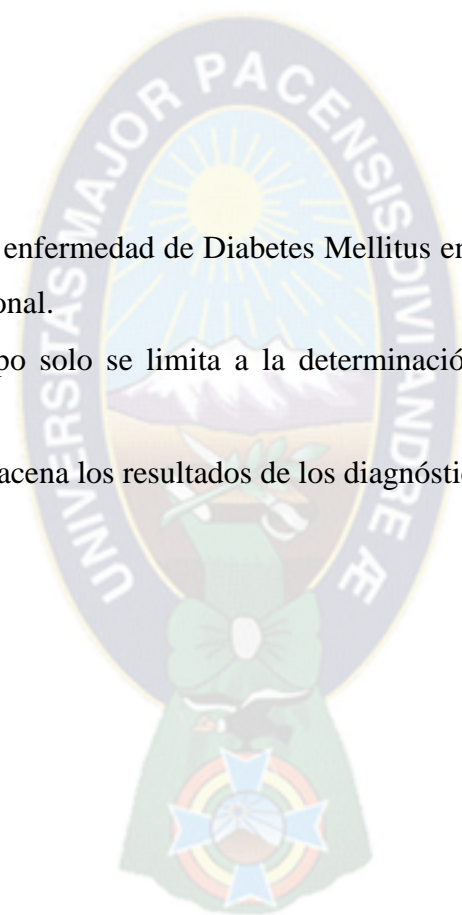
1.6 ALCANCES Y LÍMITES

1.6.1 ALCANCES

- Con el conocimiento del experto humano se diseñara el prototipo de un sistema basado en conocimiento, lo que favorece al área de medicina y la inteligencia artificial.
- El sistema experto ofrecerá un diagnóstico de manera rápida una vez introducidos los datos necesarios.

1.6.2 LIMITES

- Solo se abordará la enfermedad de Diabetes Mellitus en sus tres tipos principales Tipo I, Tipo II y Gestacional.
- El presente prototipo solo se limita a la determinación del diagnóstico y el tipo de Diabetes.
- El prototipo no almacena los resultados de los diagnósticos.



CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 SISTEMAS EXPERTOS

Un sistema experto o sistema basado en conocimiento, es una rama de la Inteligencia Artificial, donde son sistemas informáticos que simulan el proceso de aprendizaje, de memorización, de razonamiento, de comunicación de un experto humano. (Montes, 2005).

Desde la década de 1950 se empezó a investigar sobre la tecnología representada por los sistemas expertos actuales. Pero estos aparecen específicamente a mediados de los años setenta como una forma de automatizar ciertos tipos de problemas complejos que manipulan una gran cantidad de conocimientos, como por ejemplo: diagnóstico, planeación, predicción, diseño, interpretación, control, monitoreo de estado e instrucción.

En la tabla 2.1 se muestra los primeros Sistemas Expertos:

Tabla 2.1: Primeros sistemas expertos

Sistema	Año	Autor	Descripción
Dendral	1965	Stanford	Deduce información sobre estructuras químicas.
Macsyma	1965	MIT	Realiza análisis matemáticos complejos.
Hearsay	1965	Carnegie	Interpreta el lenguaje natural.
Mycin	1972	Stanford	Diagnóstico de enfermedades de la sangre.

Fuente: (Rolston, 1993).

En la actualidad los sistemas expertos se utilizan en diferentes niveles de aplicación y son sistemas auxiliares que pueden ofrecer una ayuda en los puestos trabajos existentes ya que pueden procesar grandes cantidades de datos de manera eficiente y llegar a conclusiones complejas con mayor claridad.

2.1.1 DEFINICIÓN DE SISTEMA EXPERTO

Aplicación informática que simula la habilidad de un experto humano a la hora de resolver un determinado tipo de problema, mediante la aplicación específica de conocimientos y de procedimientos de inferencia, ya que no se cuenta con una solución algorítmica práctica (Rolston, 1993).

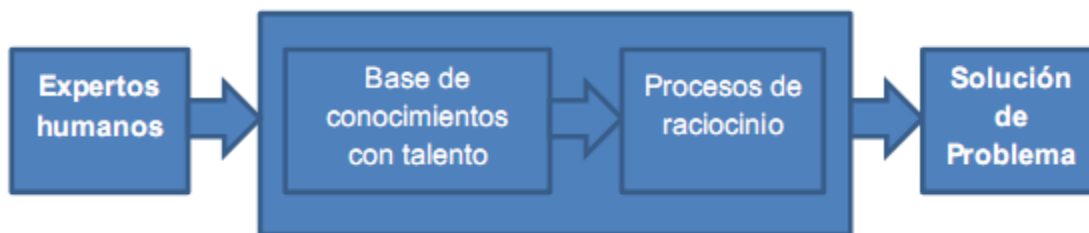


Figura 2.1: Forma de resolver un problema.

Fuente: (Rolston, 1993)

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Para que un sistema experto sea útil debe de poseer ciertas características. Estas características son listadas a continuación (Giarratano, 1998):

- Separación entre el conocimiento y la aplicación.
- Arquitectura diferente a la de un sistema de información convencional.
- Fácil actualización de conocimientos. Se debe de tener un mecanismo eficiente para agregar y modificar conocimiento.

- Alto funcionamiento. La calidad del consejo proporcionado por el sistema debe ser muy buena, el sistema experto debe ser capaz de responder a un nivel igual o mejor que el experto humano.
- Capacidad de explicar que está haciendo y porqué lo está haciendo.
- Tiempo adecuado de respuesta. El sistema experto debe responder al usuario en un tiempo igual o menor al que respondería el experto humano (Giarratano, 1998).

2.1.3 ESTRUCTURA DE SISTEMA EXPERTO

La estructura del sistema experto está conformado por las siguientes partes: Base de conocimientos, base de hechos, motor inferencias e interface. La siguiente figura presenta la arquitectura e interrelaciones de estos elementos (Santana, 1988):

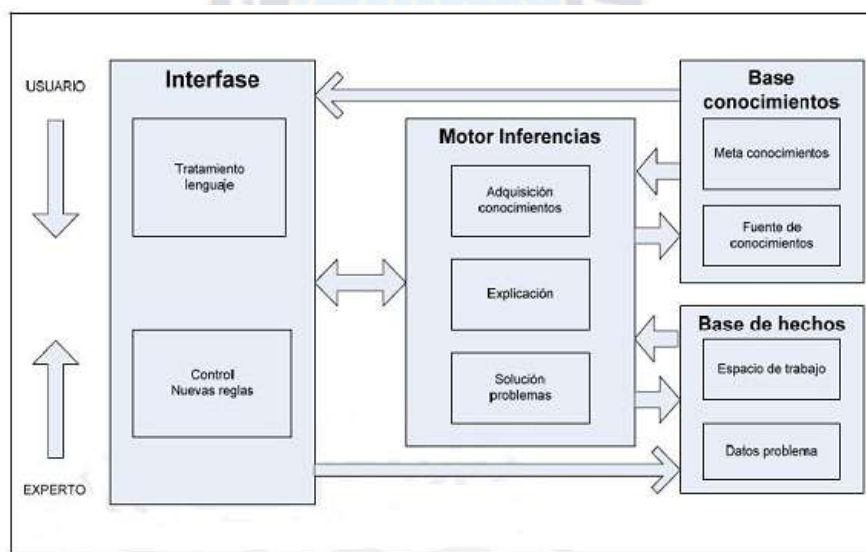


Figura 2.2: Componentes de un sistema experto

Fuente: (Santana, 1988).

a) Base de Conocimientos

Es una base de datos que almacena todo el conocimiento del sistema experto en forma de reglas. Este conocimiento comprende los datos que describen el problema, las reglas utilizadas, la forma de combinar estas reglas, los nuevos datos deducidos y las propuestas de solución (Santana, 1988).

Se caracteriza porque los conocimientos son descritos de manera declarativa, almacenados en pequeños fragmentos y no existe jerarquía entre los mismos. En la creación de una base de conocimientos se debe tener en cuenta qué objetos serán definidos, cómo son las relaciones entre estos objetos, cómo se formularán y procesarán las reglas.

b) Base de Hechos.

Contiene los datos del problema así como los elementos y hechos relativos a la solución de un problema en particular. A su vez almacena la información dada por el usuario en respuesta a las preguntas del sistema.

c) Motor de Inferencia.

Simula la estrategia de solución de un experto, obtiene conclusiones aplicando las reglas sobre los hechos presentes. Determina qué acciones se realizarán, en qué orden y cómo las realizarán las diferentes partes del sistema experto. Está compuesto de tres elementos: (Bauer, 1988).

- Solucionador de Problemas.

Contiene mecanismos de valoración de conocimientos, como mecanismos de inferencia, los cuales permiten deducir nuevos hechos o establecer nuevas hipótesis. Debe disponer de técnicas de búsqueda para recorrer la base de conocimientos y de técnicas de selección.

- Módulo generador de explicaciones.

Es un subsistema que tiene la capacidad de explicar el razonamiento que conduce a cierta conclusión, para lo cual requiere de una interface con el usuario. El sistema debe acceder al registro de conocimientos que se emplearon durante el procesamiento de información y traducirlo en forma aceptable para el usuario.

- **Módulo generador de conocimiento.**
Contiene las funciones necesarias para mejorar el conocimiento del sistema experto. Debe ser capaz de actualizar la base de conocimientos ya sea comunicando nuevos conocimientos o modificando los existentes, verificando las entradas para identificar errores o inconsistencias.
- **Mecanismos de Razonamiento**
Cuando el conocimiento se ha presentado, se necesita un mecanismo de razonamiento para obtener conclusiones a partir de la base de conocimientos. Para las reglas “Si-Entonces” existen básicamente dos formas de razonamiento. El mecanismo de razonamiento encadenamiento hacia atrás. El mecanismo de razonamiento encadenado hacia delante. Si solamente se tiene una hipótesis a demostrar, el mecanismo de razonamiento a utilizar el encadenamiento hacia atrás. Si hay muchas hipótesis y no hay ninguna razón para empezar con alguna de ellas en particular, es mejor utilizar el encadenamiento hacia delante. Si hay muchas evidencias y pocas hipótesis o conclusiones será más conveniente utilizar el encadenamiento hacia atrás, si hay pocas evidencias y muchas hipótesis será más útil el encadenamiento hacia delante.
- **Reglas de inferencia**
Las reglas de inferencia nos permite obtener conclusiones a partir de un conjunto de premisas así obtenemos una conclusión deseada. Las reglas que se utilizarán serán: Modus Ponendo Ponens llamado también “método de la afirmación” y Modus Tollendo Tollens llamado también “método de la negación”.
- **Modus Ponendo Ponens**
El Modus Ponendo Ponens es quizás la regla de inferencia más comúnmente utilizada. Se utiliza para obtener conclusiones simples. En ella, se examina la premisa de la regla, y si es cierta, la conclusión la conclusión pasa a formar parte del conocimiento. Como ejemplo, supóngase que se tiene la regla, “Si A es cierto, entonces B es cierto” y que se sabe además que “A es cierto”. La regla Modus Ponendo Ponens concluye que “B es

cierto". Esta regla de inferencia, que parece trivial, debido a su familiaridad, es la base de un gran número de sistemas expertos.

- Modus Tollendo Tollens

La regla de inferencia Modus Tollendo Tollens se utiliza también para obtener conclusiones simples. En este caso se examina la conclusión y si es falsa, se concluye que la premisa también es falsa. Por ejemplo, supóngase de nuevo que se tiene la regla, "Si A es cierto, entonces B es cierto" pero se sabe que "B es falso". Entonces, utilizando la regla Modus Ponendo Ponens no se puede obtener ninguna conclusión pero utilizando la regla Modus Tollendo Tollens se concluye que "A es falso".

d) Interface de Usuario

Establece la forma en que el sistema experto se presentará al usuario, se debe establecer un diálogo en términos del problema y con construcciones del lenguaje humano correctas. Debe cumplir con los siguientes requisitos: el aprendizaje del manejo debe ser rápido, debe evitar la entrada de datos erróneos, las preguntas y resultados deben de presentarse en forma comprensible para el usuario.

Un sistema experto posee tres tipos diferentes de interfaces de usuario:

- Interface de componente de adquisición. Usada por el ingeniero del conocimiento y por el usuario experto.
- Interface del componente explicativo. Usada por el ingeniero del conocimiento, el usuario experto y el usuario del sistema.
- Interface de consulta. Encargada de plantear preguntas, recibir respuestas y emitir resultados.

e) Usuario

Los sistemas expertos poseen dos tipos de usuarios:

- Usuario Experto. Se encarga de añadir nuevos conocimientos a la base de conocimientos o de modificar el conocimiento existente en el sistema.
- Usuario del Sistema. Ejecuta el sistema experto

2.2 LÓGICA DIFUSA

El concepto de lógica difusa es muy común, está asociado con la manera en que las personas perciben el medio, por ejemplo ideas relacionadas con la altura de una persona, velocidad con la que se mueve un objeto, la temperatura dominante en una habitación, cotidianamente se formulan de manera ambigua y depende de quién percibe el efecto físico o químico, será su enunciado acerca de tal fenómeno. Una persona puede ser alta o baja, algo puede moverse rápido o lento, una temperatura puede ser baja o moderada o alta, se dice que estas afirmaciones acerca de una variable son ambiguas porque rápido, bajo, alto son afirmaciones del observador, y estas pueden variar de un observador a otro. Uno se puede preguntar cuándo algo es frío o caliente, que tan baja es la temperatura cuando decimos frío, o que tan alta es cuando decimos caliente (Arbulu 2015).

Los conjuntos difusos definen justamente estas ambigüedades, y son una extensión de la teoría clásica de conjuntos, donde un elemento pertenece o no a un conjunto, tal elemento tiene solo 2 posibilidades, pertenecer o no, un elemento es bi-valuado y no se definen ambigüedades. Con conjuntos difusos se intenta modelar la ambigüedad con la que se percibe una variable. Los conjuntos difusos son la base para la lógica difusa, del mismo modo que la teoría clásica de conjuntos es la base para la lógica Booleana. Con los conjuntos difusos se realizan afirmaciones lógicas del tipo si-entonces, definiéndose estas con Lógica Difusa. Este tema es propio de inteligencia artificial, donde se intenta emular en pensamiento humano.

Desde que Lotfy A. Zadeh (1965) desarrolló este concepto de lógica difusa, se ha trabajado en este tema, el principal centro de desarrollo es Japón, donde sus investigadores la han aplicado a muy diversos sistemas, principalmente electrodomésticos, sistemas más recientes están vinculados con la industria, la medicina y la actividad espacial (Arbulu, 2015).

La lógica difusa permite representar el conocimiento común, que es de tipo lingüístico cualitativo y no necesariamente cuantitativo, en un lenguaje matemático a través de la teoría de conjuntos difusos y funciones características asociadas a ellos.

Permite trabajar a la vez con datos numéricos y términos lingüísticos; los términos lingüísticos son inherentemente menos precisos que los datos numéricos pero en muchas ocasiones aportan una información más útil para el razonamiento humano.

Se basa en reglas heurísticas de la forma SI (antecedente) ENTONCES (consecuente), donde el antecedente y el consecuente son también conjuntos difusos, ya sea puros o resultado de operar con ellos. Sirvan como ejemplos de regla heurística para esta lógica (nótese la importancia de las palabras "muchísimo", "drásticamente", "un poco" y "levemente" para la lógica difusa (Salas ,2008):

- SI hace muchísimo frío ENTONCES aumento drásticamente la temperatura.
- SI voy a llegar un poco tarde ENTONCES aumento levemente la velocidad.

Los métodos de inferencia para esta base de reglas deben ser sencillos, versátiles y eficientes. Para escoger una salida concreta a partir de tanta premisa difusa, el método más usado es el del centroide, en el que la salida final será el centro de gravedad del área total resultante. Las reglas de las que dispone el motor de inferencia de un sistema difuso pueden ser formuladas por expertos, o bien aprendidas por el propio sistema, haciendo uso en este caso de redes neuronales para fortalecer las futuras tomas de decisiones.

El sistema de control hace los cálculos con base en sus reglas heurísticas, comentadas anteriormente. La salida final actuaría sobre el entorno físico, y los valores sobre el entorno físico de las nuevas entradas (modificado por la salida del sistema de control) serían tomados por sensores del sistema (Salas 2008).

Por ejemplo, imaginando que nuestro sistema difuso fuese el climatizador de un coche que se autorregula según las necesidades: Los chips difusos del climatizador recogen los datos de entrada, que en este caso bien podrían ser la temperatura y humedad simplemente.

Estos datos se someten a las reglas del motor de inferencia (como se ha comentado antes, de la forma SI... ENTONCES...), resultando un área de resultados. De esa área se

escogerá el centro de gravedad, proporcionándola como salida. Dependiendo del resultado, el climatizador podría aumentar la temperatura o disminuirla dependiendo del grado de la salida (Mendoza, 2011)

2.2.1 CONJUNTOS DIFUSOS.

La lógica difusa trabaja con conjuntos a los cuales llamamos conjuntos difusos, estos conjuntos están definidos por sus funciones de pertenencia, la cual expresa la distribución de verdad de una variable.

Teóricamente un conjunto difuso A de un universo de discurso $\mathbf{X}=\{\mathbf{x}\}$ se define como un mapeo $\mu_A(\mathbf{x}) : \mathbf{X} \rightarrow [0, \alpha]$ donde cada \mathbf{x} es asignada a un número en el rango comprendido entre $[0, \alpha]$ el cual indica que tanto del atributo A tiene \mathbf{x} .

Cuando se normaliza la función de membresía ($\alpha = 1$), se tiene $\mu_A(\mathbf{x}) : \mathbf{X} \rightarrow [0, 1]$. De aquí en adelante consideraremos valores normalizados. Para los casos extremos, donde la distribución de verdad es "cero", la función de membresía se reduce a singularidades, en otras palabras, la lógica difusa pasa a ser lógica clásica. Por ejemplo, si las singularidades tienen dos posibilidades, entonces hablamos de lógica binaria (Cox, 1992).

Para un conjunto difuso el conjunto de evaluación es un intervalo real:

$$\mu_A(x) : U \rightarrow [0, 1]$$

La función característica de un conjunto difuso permite una continuidad de opciones posibles. El grado de membresía no es probabilidad. Básicamente es una medida de la compatibilidad de un objeto con el concepto representado por un conjunto difuso.

Un conjunto difuso D en un universo U puede ser definido como un conjunto de pares ordenados; cada par formado por un elemento y su grado de membresía al conjunto D:

$$D = \{(x, \mu_D(x)) \mid x \in U\}$$

2.2.2 OPERACIONES CON CONJUNTOS DIFUSOS

En lógica booleana la función de los operadores booleanos (o compuertas) es bien conocida, por ejemplo si aplicamos una operación AND:

$$1 \text{ and } 1 \rightarrow 1$$

$$1 \text{ and } 0 \rightarrow 0$$

$$0 \text{ and } 1 \rightarrow 0$$

$$0 \text{ and } 0 \rightarrow 0$$

- **Unión:** Cuando a dos variables difusas se les aplica una operación de "unión" (que en lógica binaria es equivalente a una operación OR), el resultado se obtiene tomando el valor más grande de entre las variables de entrada, $\max(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Por ejemplo, si $A=0.5$, $B=0.7$ y $C=A$ OR B , entonces $C = \max(0.5, 0.7) = 0.7$.
- **Intersección:** Para el caso de la "intersección" (que equivale a la operación AND) el valor resultante de la operación corresponde al mínimo valor de alguna de las entradas: $\min(x_1, x_2, \dots, x_n)$. En este caso, si $C=A$ AND B , entonces $C = \min(0.5, 0.7) = 0.5$.
- **Complemento:** En la operación "complemento" (equivale a una operación NOT), se toma el valor que complementa a 1, de esta forma:

$$x' = 1 - x$$

Para el ejemplo anterior: si $C = B'$, entonces $C = 1 - 0.7 = 0.3$.

Si se asume que A y B son dos conjuntos difusos cuyas funciones de membresía son μ_A y μ_B respectivamente, así, definimos las siguientes operaciones:

Sea A un conjunto difuso en el universo U con una función de membresía $\mu_A(x)$, el complemento del conjunto A es el conjunto A' definido por:

$$A' = \{(1 - \mu_A(x)) / x \mid x \text{ esta en } U\}$$

La función de membresía del conjunto A^c es:

$$\mu_{A^c}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

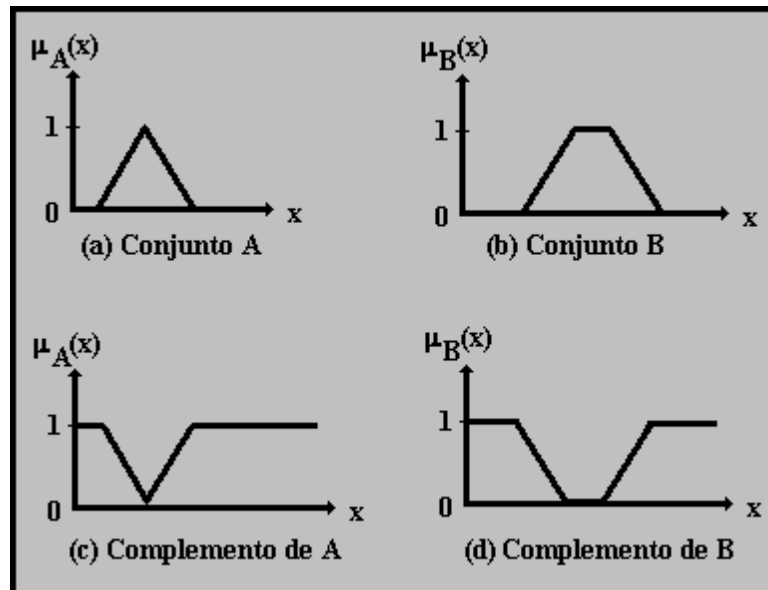


Figura 2.3: Complemento de los conjuntos difusos A y B.

Fuente:(Castillo, 1997).

Intersección de dos conjuntos difusos.

Sean A y B dos conjuntos difusos en el universo U con funciones de membresía $\mu_A(x)$ y $\mu_B(x)$ respectivamente, la intersección de los conjuntos A y B se define por:

$$A \cap B = \{\min(\mu_A(x), \mu_B(x)) / x \mid x \text{ esta en } U\}$$

La función de membresía del conjunto intersección de A y B es:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

Donde la función $\min\{\}$ selecciona el valor mínimo de los grados de membresía que tiene el mismo elemento x en los conjuntos A y B.

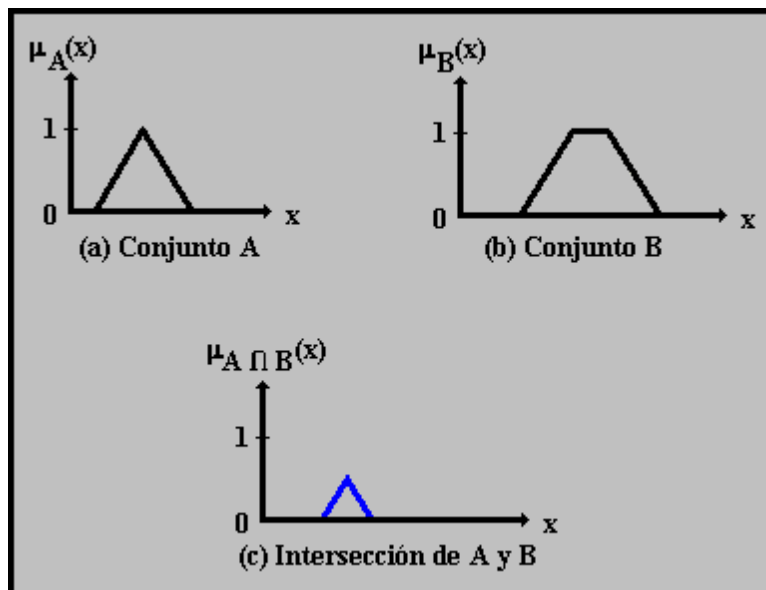


Figura 2.4: Función de membresía y operación de intersección de los conjuntos difusos A y B

Fuente: (Castillo, 1997)

2.2.3 FUNCIONES DE PERTENENCIA

La función de pertenencia de un conjunto nos indica el grado en que cada elemento de un universo dado, pertenece a dicho conjunto. Es decir, la función de pertenencia de un conjunto A sobre un universo X será de la forma: $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, donde $\mu_A(x) = r$ si r es el grado en que x pertenece a A.

Si el conjunto es nítido, su función de pertenencia (función característica) tomará los valores en $\{0,1\}$, mientras que si es borroso, los tomará en el intervalo $[0,1]$. Si $\mu_A(x) = 0$ el elemento no pertenece al conjunto, si $\mu_A(x) = 1$ el elemento sí pertenece totalmente al conjunto. La función característica del conjunto de los elementos que verifican un predicado clásico está perfectamente determinada. Las funciones de pertenencia son una forma de representar gráficamente un conjunto borroso sobre un universo.



Figura 2.5: Representación Gráfica de Pertenencia

Fuente: (Maza, 2009)

Dicha función dependerá del contexto (o universo) en el que se trabaje, del experto, del usuario, de la aplicación a construir, etc.

A la hora de determinar una función de pertenencia, normalmente se eligen funciones sencillas, para que los cálculos no sean complicados. En particular, en aplicaciones en distintos entornos, son muy utilizadas las triangulares y las trapezoidales.

a) Función Triangular

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

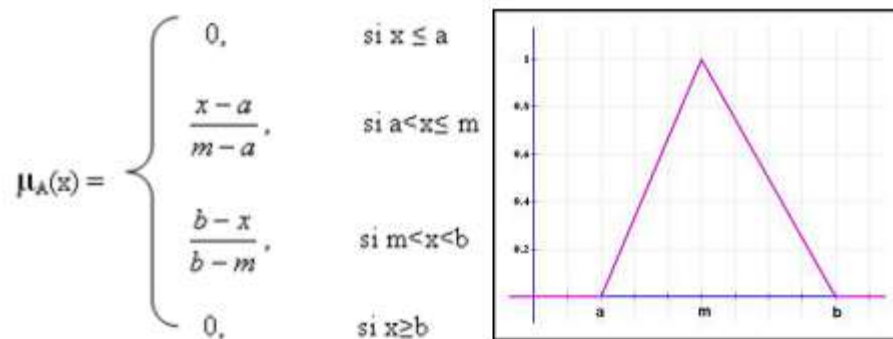


Figura 2 6: Función Triangular

Fuente: Ramirez, 2008

b) 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.

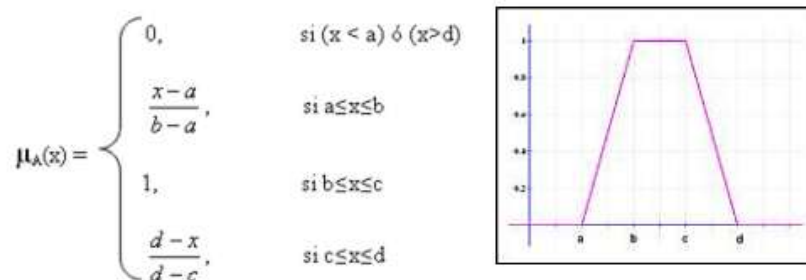


Figura 2 7: Función Trapezoidal

Fuente: Ramírez, 2008

2.2.4 VARIABLE LINGÜÍSTICA

En los conjuntos difusos la función de pertenencia toma valores dentro de un intervalo $[0,1]$. La necesidad de trabajar con conjuntos difusos surge de un hecho: hay conceptos que no tienen límites claros. Se define una variable lingüística, como variables cuyos valores son palabras o frases de un lenguaje natural.

Por ejemplo: se tiene la variable “voltaje” que puede ser descompuesta en varios términos lingüísticos: $T(\text{voltaje}) = \{\text{muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo}\}$, cada término es caracterizado por un conjunto difuso dentro de un conjunto universo de los posibles valores del voltaje.

El conjunto difuso es un valor lingüístico junto a una función de pertenencia. El valor lingüístico es el “nombre” del conjunto, y la función de pertenencia se define como aquella aplicación que asocia a cada elemento del universo de discurso el grado con que pertenece al conjunto difuso. Decimos que un conjunto es nítido si su función de pertenencia toma valores en $\{0,1\}$, y difuso si toma valores en $[0,1]$ (Mendoza, 2011).

Por ejemplo, la velocidad de un coche, $V(\text{velocidad}) = \{ \text{alta, no alta, baja, no baja, muy baja} \}$, y así sucesivamente.

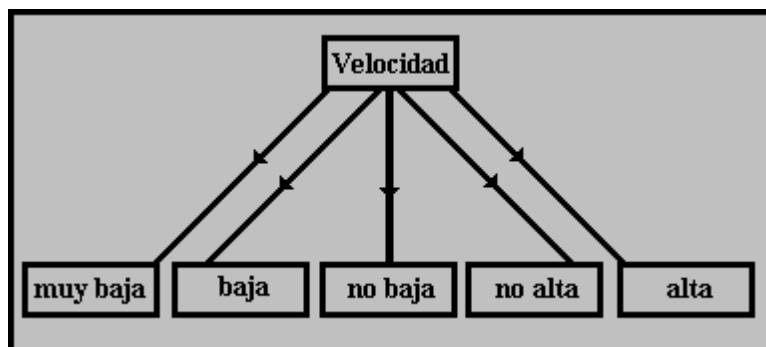


Figura 2.8: Valores lingüísticos de la variable difusa "Velocidad"
Fuente: Castillo, 1997.

2.2.5 INFERENCIA BORROSA

En general el razonamiento borroso consta de los siguientes pasos:

1. Borrosificar: Pasar de valor numérico a borroso (fuzzificar)
2. Medir la adecuación de las premisas de las reglas frente a los hechos
3. Realizar la inferencia borrosa: obtener la conclusión de cada regla teniendo en cuenta su adecuación.
4. Agregar las conclusiones individuales de cada regla para obtener conclusiones globales
5. Deborrosificar: Pasar de valores borrosos a numéricos (defuzzificar)

2.2.6 SISTEMA BASADO EN LÓGICA DIFUSA

Un sistema basado en lógica difusa siempre estará compuesto por los siguientes bloques:

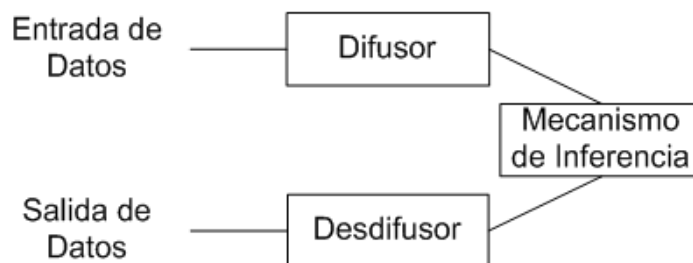


Figura 2.9: Bloques de un sistema de Lógica Difusa.
Fuente: Santana, 1988.

Bloque Difusor: en este bloque a cada dato de entrada se le asigna un grado de pertenencia a cada uno de los conjuntos difusos considerados mediante la función característica. Las entradas a este bloque son valores concretos de la variable a analizar y los datos de salida son los grados de pertenencia a los conjuntos estudiados.

Bloque de Inferencia: este bloque relaciona conjuntos difusos de entrada y de salida y representa a las reglas que definen el sistema.

Desdifusor: en este bloque a partir de los conjuntos difusos procedentes de la inferencia se obtiene un resultado concreto mediante la aplicación de métodos matemáticos de desdifusión.

Operaciones lógicas.

Para poder operar con los Conjuntos Difusos es necesario definir las operaciones elementales entre ellos, léase la Unión, la Intersección y el Complemento (Zadeh, L. 1965):

- La unión(disunción): La unión de los conjuntos difusos A y B es el conjunto difuso C y se escribe como $C = A \text{ OR } B$; su función de pertenencia está dada por:

$$\mu_c(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \cup \mu_B(x)$$

- La intersección(conjunción):

La intersección de los conjuntos difusos A y B es el conjunto difuso C y se escribe como $C = A \text{ AND } B$; su función de pertenencia está dada por: $\mu_c(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) = \mu_A(x) \cap \mu_B(x)$

- El complemento(negación):

El complemento del conjunto difuso A, denotado por $\neg A$ o NOT A, se define como:

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

Una característica a destacar en la LD es que no existe una definición única de algunas de las operaciones clásicas como la unión o la intersección de conjuntos, sino que existen múltiples formas de desarrollar estas operaciones: Zadeh, Probabilístico, Lukasiewicz, Compensatorio, entre otros (Zadeh, L. 1965; Espín, R. et al. 2006). Esto implica que a la hora de utilizar conjuntos difusos se debe definir no sólo las funciones de pertenencia que caracterizan cada conjunto, sino también el operador concreto a utilizar para desarrollar cada operación.

2.3 DIABETES MELLITUS

2.3.1 CONCEPTO

La Diabetes Mellitus es una enfermedad crónica producida por una alteración del metabolismo de los carbohidratos, aumentando la cantidad excesiva de glucosa en la sangre y a veces en la orina, llevando a aparecer complicaciones micro y macrovasculares que incrementan sustancialmente los daños en otros órganos y la mortalidad asociada con la enfermedad, reduciendo la cantidad de vida de las personas afectadas (Greenspan, 1995).

La Diabetes Mellitus es una enfermedad multiorgánica, pues al no ser tratada, puede lesionar casi todos los órganos y en especial los ojos, los riñones, el corazón y las extremidades. También puede producir alteraciones en el embarazo, que se presentan en el peso del neonato (generalmente el hijo de madre diabética nace con exceso de peso que un recién nacido normal). El tratamiento adecuado y los avances médicos referentes a esta enfermedad en los últimos años, han mejorado notablemente la calidad de vida de las personas diagnosticadas con Diabetes Mellitus, ya que antiguamente, antes de la creación de la insulina inyectable en los años veinte, quienes padecían este mal, fallecían por coma diabético (Greenspan, 1995).

2.3.2 CARACTERÍSTICAS

Las principales características de la Diabetes Mellitus son:

- Pérdida de la facultad natural del organismo para almacenar la cantidad necesaria de azúcares.
- Eliminación por la orina de una parte del azúcar que el organismo, en condiciones normales, debería utilizar para la producción de energía.
- Alteración de la capacidad de aprovechamiento de las albúminas y grasas. Como resultado de todos estos trastornos, la aparición de una serie de sustancias nocivas que afectan al organismo.

2.3.3 CLASIFICACIÓN DE LA DIABETES MELLITUS

La clasificación de la Diabetes Mellitus actual, la divide en cuatro tipos:

- Diabetes tipo 1
- Diabetes Tipo 2
- Diabetes Mellitus Gestacional
- Otros tipos específicos de Diabetes

2.3.4 DIABETES MELLITUS TIPO 1

La Diabetes Mellitus Tipo 1, llamada también “Diabetes Juvenil” es el resultado de la destrucción de las células del páncreas que producen la insulina (células beta) y que predispone a una descompensación grave del metabolismo llamada cetoacidosis. Se cree que esta Diabetes es producida por un mecanismo autoinmune.

Es más típica en personas jóvenes (por debajo de los 30 años) y en personas que tienen familiares cercanos (padres, hermanos) que sean diabéticos, debido a que es generalmente hereditaria. En la Diabetes Mellitus Tipo 1, el páncreas simplemente no segrega insulina, es por eso que el paciente se ve obligado a inyectarse insulina para evitar grandes concentraciones de glucosa en la sangre, volviéndose una persona insulino-dependiente. El paciente con este tipo de Diabetes es una persona que pareciera no tener páncreas, pues la principal función de este órgano consiste en el suministro de insulina a nuestro organismo. Las personas que se les extrae el páncreas, se convierten automáticamente en pacientes con DM Tipo 1 (García De Los Rios, 2003).

2.3.5 DIABETES MELLITUS TIPO 2

La DM Tipo 2, es la clase de Diabetes más común en el mundo, se diferencia notablemente de la DM Tipo 1, pues en la DM Tipo 2, el páncreas sí produce insulina, que puede ser en poca o en grandes cantidades, es decir, hay una alteración en la producción de la misma

y esto tiene efectos negativos en nuestro organismo, siendo muy común en personas mayores de 40 años, quienes deben realizarse exámenes para conocer si presentan la enfermedad. Debido a que el páncreas sí produce insulina (de forma incorrecta, pero lo hace), el paciente con DM Tipo 2 no es insulino-dependiente, por lo que deberá seguir un tratamiento en base a medicamentos y un control estricto en su alimentación, evitando el consumo de alimentos ricos en grasas, azúcar o carbohidratos.

Esta Diabetes era común desarrollarla en la edad adulta, pero en los últimos años se ha experimentado cambios notables entre las personas propensas a tener DM Tipo 2, en una población que antes era inmune frente a dicha enfermedad: los niños, quienes al no practicar deporte y hacer vida sedentaria, consumiendo excesivamente alimentos ricos en grasa y azúcar, son propensos al desarrollo de la misma.

Actualmente, se reconoce en el mundo que la asociación: obesidad y DM Tipo 2 en el niño y adolescente, constituye una epidemia emergente y galopante. La obesidad condiciona alteraciones metabólicas y psicológicas, considerándose como un marcador de riesgo de diabetes (García De Los Rios, 2003).

2.3.6 DIABETES MELLITUS GESTACIONAL

La Diabetes Gestacional es producida por las alteraciones del metabolismo de los hidratos de carbono que se detecta por vez primera durante la etapa de embarazo. Es importante señalar que la Diabetes Gestacional es producida por el propio embarazo, no debiéndose confundir con la mujer embarazada que tiene Diabetes conocida, ya que a esta última se le conoce como Diabética Pregestacional, pues siendo diabética quedó embarazada.

La prevalencia de Diabetes Gestacional varía ampliamente en el mundo y en las razas, siendo mayor en la etnia negra, hispánica, nativa americana y asiática, comparada con la caucásica. La frecuencia encontrada depende también de los métodos y criterios diagnósticos. Según diferentes estudios realizados en Estados Unidos, el 1,4 al 14% de las mujeres embarazadas presentan Diabetes Gestacional (García De Los Rios, 2003).

La importancia del reconocimiento de este tipo de Diabetes reside en una mayor morbimortalidad neonatal, además aumenta el riesgo de desarrollar diversas complicaciones obstétricas, tales como: sufrimiento fetal, macrosomía, muerte intrauterina, entre otros problemas neonatales. Desde el punto de vista epidemiológico representa un riesgo elevado de desarrollar una DM Tipo 2, 5 a 10 años después del embarazo en que fue detectada. Estas mujeres deben ser controladas periódicamente y realizar en ellas prevención primaria de Diabetes, y también después del parto, ya que la Diabetes puede o no persistir después del mismo (García De Los Rios, 2003).

2.3.7 SÍNTOMAS DE LA DIABETES MELLITUS

Existen varios síntomas que nos advierten que podríamos padecer de Diabetes, obviamente varían dependiendo la persona, pero en líneas generales, los síntomas más comunes son los siguientes:

- Aumento de la cantidad de orina, una persona acude varias veces al día al baño.
- Aumento de sed, debido a la cantidad de micciones al día, es frecuente el aumento de sed.
- Aumento del apetito.
- Prurito, picores en diferentes partes del cuerpo.
- Infecciones, siendo muy frecuentes en las personas diabéticas.
- Enfermedades cardiovasculares asociadas.
- Adormecimiento de manos y pies.
- Cansancio y agotamiento sin necesidad de realizar muchas labores.

2.3.8 DIAGNÓSTICO DE LA DIABETES MELLITUS

La forma más sencilla de diagnosticar la Diabetes es midiendo la cantidad de glucosa en la sangre Glucemia, siendo lo ideal hacerlo en la sangre venosa y con el paciente en ayunas, lo que se denomina Glucemia Basal.

Existe también otra prueba llamada Prueba De Tolerancia Oral A La Glucosa (PTOG), que consiste básicamente en extraer sangre de una persona en ayunas, y luego de ello deberá comer normalmente. En menos de 2 horas debe regresar al laboratorio para extraerle nuevamente sangre, de esta forma nos permite saber si la persona tiene alterados los mecanismos de metabolización de la glucosa. Esta prueba hoy en día se usa casi en exclusiva en las mujeres embarazadas, o también se acompaña a otras pruebas para conocer fidedignamente si la persona tiene o no Diabetes (Rozman, 1997).

Actualmente existen medidores portátiles de glucosa, que en menos de 30 segundos miden la cantidad de glucosa en la sangre (glucómetro), pero no es recomendable realizarse sólo esta prueba para diagnosticar Diabetes, son necesarios los exámenes de laboratorio ya indicados.

Los valores siguientes son cifras normales de glucosa en la sangre

Valores normales de la glucosa:

- 70-110 mg/dl en ayunas.
- Hasta 160 mg/dl post-prandial

Se Diagnostica Diabetes Mellitus si se presentan los resultados siguientes:

- Glucemia en ayunas en plasma venoso mayor o igual a 126 mg/dl (7mmol/l) al menos en dos ocasiones.
- Síntomas de Diabetes (poliuria, polidipsia, pérdida de peso, visión borrosa) y una glucemia al azar en plasma venoso mayor o igual a 200 mg/dl (11,1 mmol/l) (aunque no se esté en ayunas).
- Glucemia en plasma venoso a las dos horas de las Pruebas de Sobrecarga oral con 75 gramos de glucosa, mayor o igual a 200 mg/dl (11,1 mmol/l).

Cualquiera de estos tres criterios hacen el diagnóstico de Diabetes Mellitus, pero tienen que ser confirmados en otro momento por cualquiera de éstos procedimientos. La glicemia en ayunas es preferible para el diagnóstico al ser un procedimiento fácil, reproducible y de bajo costo (Rozman, 1997).

- Se considera ayunas, a la no ingesta calórica (no ingesta de alimentos) por lo menos en las 8 horas previas (a la toma de la muestra).
- Se considera glicemia al azar a toda determinación de glucosa en cualquier momento del día, sin relación a ingesta calórica alguna.

Personas que deberían someterse a pruebas para detectar Diabetes

Se ha demostrado que sólo las personas de cierto riesgo deben ser investigadas para detectar una posible DM Tipo 2 también conocida como “Diabetes Silente”, ya que en ocasiones no presenta síntomas, y estos son:

Personas mayores de 45 años (que deberán hacerse la prueba cada 3 años).

A cualquier edad y cada año si:

- Existen antecedentes de Diabetes Gestacional, intolerancia a glucosa o Glucosa Basal Alterada.
- Mujeres con antecedentes de hijos nacidos con más de 4,5 kg.
- Personas con exceso de peso (Índice de Masa Corporal mayor o igual a 27 kg/M²).
- Personas con Hipertensión Arterial.
- Colesterol HDL menor o igual a 35 mg/dl y/o triglicéridos mayores de 250 mg/dl. ‰
- Historia familiar de Diabetes en primer grado.

2.3.9 PREVENCIÓN DE LA DIABETES MELLITUS

Las medidas de prevención y promoción de la Diabetes Mellitus deben dirigirse principalmente a la población adulta mayor constituida por:

- Obesos.

- Antecedentes familiares de Diabetes.
 - Hipertensos.
 - Hiperlipidémicos.
 - Mujeres menopáusicas.
- a. **La prevención primaria**, debe estar dirigida a combatir los factores de riesgo modificables como son la obesidad, sedentarismo, hiperlipidemias, hipertensión, tabaquismo y nutrición inapropiada, es decir, fomentar un estilo de envejecimiento saludable (García De Los Rios, 2003).
- b. **La prevención secundaria**, estará dirigida a los pacientes portadores de Diabetes Mellitus o intolerancia a la glucosa y tiene como objetivos a través del buen control metabólico de la enfermedad, prevenir las complicaciones agudas y crónicas.
- c. **La prevención terciaria**, está dirigida a pacientes diabéticos con complicaciones crónicas, para detener o retardar su progresión; esto incluye un control metabólico óptimo y evitar las discapacidades mediante la rehabilitación física, psicológica y social, impidiendo la mortalidad temprana.
- Tanto la prevención secundaria como terciaria, requieren de la participación multidisciplinaria de profesionales especializados.

La Diabetes, al igual que otras enfermedades puede prevenirse, aquí algunos pasos para hacerlo:

Prevención de la Diabetes Mellitus Tipo 2: En personas con elevado riesgo de desarrollar una DM Tipo 2, la implementación de programas de pérdida de peso y planes de ejercicio físico pueden contribuir a la disminución del riesgo.

Las personas con obesidad o sobrepeso y sedentarias tienen un riesgo muy elevado de desarrollar una DM Tipo 2. Existen diferentes estudios clínicos que demuestran que una reducción moderada de peso y un programa de ejercicio físico de tan sólo media hora

diaria durante al menos cinco días a la semana, experimentan una drástica reducción del riesgo de desarrollar DM Tipo 2(García De Los Rios, 2003)..

2.3.10 TRATAMIENTO

El tratamiento de la Diabetes se sustenta en 6 pilares básicos:

1. Plan de alimentación: Un plan de alimentación va más allá de lo que entendemos por una “dieta”. Debe ser un proyecto individualizado a las necesidades de cada persona, sus preferencias y debe contemplar objetivos relacionados con la consecución de un peso óptimo, situación laboral, disponibilidades, etc. Este plan deberá contener una baja cantidad de alimentos que contengan gran cantidad de grasa y azúcar, pues estos ingredientes contribuyen a que la sangre no fluya normalmente en nuestro organismo.

2. Plan de ejercicio físico: Presenta las mismas características que la alimentación en cuanto a preferencia, objetivos, etc. Lo ideal es alcanzar al menos 30 minutos diarios de ejercicio físico activo, preferentemente aeróbico (caminar sostenidamente, natación, bicicleta, remo, etc.).

3. Medicación: Existen múltiples y variadas disposiciones farmacológicas para el tratamiento de la Diabetes Mellitus. Lo importante es que el paciente siga las indicaciones que su médico especialista le indique tanto en cuanto a dosis y a horario, relación de la medicación con la comida, precauciones con el alcohol, la conducción, etc. La mayor parte de los tratamientos farmacológicos de la Diabetes pueden causar hipoglucemias (bajadas peligrosas de la cifra de glucosa en la sangre que pueden causar desmayos), debiendo el paciente diabético ser instruido para saber cómo evitarlas y tratarlas si se presentan(García De Los Rios, 2003).

4. Hábitos generales de higiene: Quizás el principal consejo que todo paciente con Diabetes Mellitus debe recibir es que NO FUME. El tabaco es un importante factor de riesgo cardiovascular en todos los ciudadanos, pero el aumento del riesgo que origina en los diabéticos es mucho mayor. El desarrollar hábitos que permitan una vida ordenada, con horarios de comidas y de sueño habituales, lo mismo que para el ejercicio físico periódico, sumamente necesario para una vida saludable. Los cuidados e higiene de los pies del diabético y de la piel

en general también deben ser considerados, pues en algunos pacientes con diabetes, las heridas no se cierran con facilidad, lo cual puede originar infecciones.

5. Plan de autocontrol: Todo paciente diabético debe ser instruido en las técnicas del autocontrol de su enfermedad y en el aprendizaje de las acciones que debe emprender ante las incidencias más comunes; cambios de horario, descompensaciones, hipoglucemias, enfermedades intercurrentes, etc.

6. Controles periódicos: Una parte fundamental del tratamiento de la Diabetes Mellitus es la relacionada con los controles periódicos, no sólo en relación de las pruebas analíticas que permitan afirmar o modificar el resto del tratamiento, sino las relacionadas con la detección precoz de complicaciones de la enfermedad (García De Los Ríos, 2003).

Los controles periódicos deben servir al paciente diabético y al profesional que le atiende para evaluar los objetivos fijados y reajustarlos.

2.3.11 COMPLICACIONES DE LA DIABETES MELLITUS

Principalmente, el paciente diabético ve alterada la normal circulación de la sangre en su organismo, pues los vasos se encuentran obstruidos por grandes concentraciones de glucosa, siendo los daños más frecuentes (Rozman, 1997):

a) COMPLICACIONES AGUDAS:

- **La cetoacidosis diabética:** La cetoacidosis diabética (CAD) es el resultado de la producción excesiva de glucosa junto con una disminución en su utilización, lo cual trae como consecuencia hiperglucemia, glucosuria y diuresis osmótica. Los pacientes se presentan con depresión sensorial o, a veces, en coma, con antecedentes de haber experimentado intensa poliuria y polidipsia, así como un fuerte dolor abdominal y

vómitos. Muchas veces la CAD aparece como manifestación inicial de una diabetes tipo 1.

- **Coma hiperosmolarhiperglucémico no cetósico:** Se presenta fundamentalmente en adultos mayores de 60 años, y se diferencia de la CAD por la ausencia de cetosis significativa y la presencia de glucemias muy elevadas (>600 mg/dl), con osmolaridad plasmática > 320 mOsm/l. El estado de conciencia varía desde el letargo al coma profundo.
- **Coma hipoglucémico:** Los episodios de hipoglucemia grave, incluyen convulsiones y coma, mientras las hipoglucemias leves presentan síntomas como transpiración, taquicardia y temblores, los cuadros graves conllevan desorientación, conducta inapropiada y pérdida de la conciencia (Rozman, 1997).

b) **COMPLICACIONES CRÓNICAS:**

- **Aterosclerosis y diabetes:** Es bien conocida la relación patogénica entre la enfermedad de los vasos de mediano y gran calibre y la Diabetes Mellitus. Se acepta que esta enfermedad acelera el desarrollo de las lesiones características de la aterosclerosis. Se manifiesta clínicamente como enfermedad cardiovascular, vascular periférica y cerebral, y es el principal problema de salud asociado con la DM tipo 2.
- **Complicaciones vasculares:** Se ha demostrado la asociación entre el grado y la duración de la hiperglucemia y el riesgo de desarrollar complicaciones microvasculares (retinopatía, nefropatía, neuropatía) y macrovasculares (enfermedad cardiovascular, cerebrovascular y vascular periférica). Por el contrario, cuantos más bajos sean los valores de la glucemia, menor será la probabilidad de sufrir trastornos graves (Rozman, 1997).

- **Aterosclerosis coronaria:** La diabetes es uno de los principales factores de riesgo de padecer aterosclerosis coronaria, ya que acelera su progresión, produce disfunción endotelial y aumenta la actividad plaquetaria.
- **Angor pectoris:** La progresiva oclusión de los vasos coronarios conduce a una privación de oxígeno al miocardio, pero los síntomas no suelen aparecer hasta que el vaso sufre la oclusión de un 50- 70% de su luz. La angina de pecho se caracteriza por un típico dolor precordial que suele ser de naturaleza opresiva y puede irradiarse al cuello, maxilar inferior, hombro y miembro superior izquierdo.
- **El infarto de miocardio:** El término infarto de miocardio se refiere a la necrosis de un grupo de miocitos cardíacos como consecuencia de la isquemia. La obstrucción coronaria (paulatina o brusca), resultante de la placa ateromatosa y su evolución, es la causa más frecuente del evento.
- **Accidentes cerebrovasculares:** De las dos categorías de accidente cerebrovascular (isquémico y hemorrágico), la que visiblemente se vincula con la ateromatosis es la primera. Un 70% de todos los ataques cerebrales ocurre por una reducción del flujo sanguíneo encefálico (Rozman, 1997).
- **Aterosclerosis ilíaca:** La forma más común de vasculopatía periférica oclusiva es la obstrucción de la arteria femoral superficial; le siguen en frecuencia las ilíacas, la aorta terminal y las arterias poplíteas. Cuando la obstrucción sobreviene de forma abrupta sobre la bifurcación, ambos miembros inferiores aparecerán fríos, pálidos, dolorosos y sin pulsos arteriales.
- **Claudicación intermitente en la diabetes:** El clásico síntoma del compromiso aterosclerótico de las arterias de los miembros inferiores es la claudicación intermitente, que se manifiesta por dolor en las masas musculares de estos miembros, de tipo calambre, que aparece durante la deambulación y se alivia inmediatamente al detener la marcha; y además ausencia o debilitamiento de los pulsos arteriales (Rozman, 1997).

- **Enfermedad renal e insuficiencia renal:** Los riñones suelen ser los órganos más gravemente comprometidos en el diabético, y la insuficiencia renal secundaria es una causa común de muerte en estos pacientes. En la nefropatía diabética se puede encontrar cualquiera de las siguientes lesiones o sus combinaciones: afectación glomerular, arteriosclerosis e infecciones. La afectación glomerular provocan proteinuria, y síndrome nefrótico; todos progresan hacia la insuficiencia renal crónica. Las infecciones del tracto urinario suelen ser pielonefritis. Cuando ya existe proteinuria, la progresión hacia la insuficiencia renal crónica es lo más frecuente.
- **Retinopatía diabética:** En el paciente diabético, la retinopatía diabética es causa de provocar una grave disminución de la agudeza visual o ceguera.
- **Catarata ocular y diabetes:** Las cataratas son comunes en los pacientes diabéticos y son indistinguibles de las cataratas seniles de los no diabéticos. Se estima que la diabetes mellitus acelera el desarrollo de este trastorno, por lo que comienza a manifestarse a edades más tempranas que las observadas de forma habitual en las cataratas seniles y a diferencia de la catarata senil, muestra regresión cuando se logra un adecuado control metabólico (Rozman, 1997).
- **Complicaciones cutáneas:** Más del 40% de los pacientes diabéticos tienen algún tipo de manifestación dermatológica. Los signos cutáneos pueden inclusive sugerir el diagnóstico de la enfermedad: la dermatopatía, las ampollas, la necrobiosis lipoidea, el granuloma anular, la xantomatosis, los xantomas eruptivos, el síndrome similar al escleroderma, el de engrosamiento cutáneo y la acantosis nigricans se asocian con frecuencia a la diabetes. Asimismo las infecciones cutáneas (furúnculos, piodermitis, onicomicosis) y las úlceras son potencialmente gravísimas. La dermatopatía diabética es la patología más frecuente se manifiesta en forma de pequeñas lesiones pretibiales, ovals o redondeadas, atróficas e hiperpigmentadas.

- **Las infecciones en el paciente diabético:** Entre las infecciones leves predominan las micosis superficiales, y entre las graves, las asociadas con el pie diabético y la celulitis necrotizante.

Aparato respiratorio: neumonía comunitaria (neumococos *S. aureus*, *H. influenzae*); sinusitis aguda; exacerbaciones de la bronquitis crónica.

Aparato genitourinario: formas no complicadas (cistitis, en especial en la mujer) y formas complicadas (pielonefritis aguda y abscesos perirrenales) producidas por *E. coli* y *Proteus* sp.; infecciones urogenitales fúngicas (*Candida*), cistitis, balanopostitis, vulvovaginitis. Infecciones graves: fascitis necrotizante (gramnegativos, anaeróbicos), otitis externa maligna (*Pseudomonas*) (Rozman, 1997).

- **El pie diabético:** La suma de insuficiencia vascular debida a macroangiopatía, neuropatía periférica y predisposición aumentada a infecciones determina la mayor frecuencia de sufrir lesiones ulcero necróticas en los pies por parte de los pacientes diabéticos. La pérdida de sensibilidad hace que el enfermo no reaccione ante traumatismos, microtraumatismos (como ampollas en la planta del pie) o lesiones de mayor envergadura (quemaduras). Esto puede llevar a verdaderas gangrenas que obligan a la amputación del miembro afectado. La educación concerniente al cuidado de los pies, incluidos el uso de zapatos adecuados y la comprobación de la temperatura del agua antes de bañarse, es de suma importancia.

Una ulceración en la piel del pie puede ser la condición inicial que lleve a una eventual amputación. La ulceración en el pie neuropático se desarrolla en los puntos de hipertensión mecánica, en la superficie plantar y en el extremo de los dedos. Las lesiones isquémicas suelen ubicarse en los márgenes del pie y en los dedos, y son mucho más graves. Se inician con una solución de continuidad en la piel que puede infectarse y avanzan hacia el tejido celular, comprometiendo luego los tendones y las fascias, formando abscesos profundos, osteomielitis y finalmente gangrena de uno o varios dedos, de todo el pie, e inclusive de la pierna (Rozman, 1997).

2.4 METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE BUCHANAN

La metodología que se utiliza es la de Buchanan que tiene como pilar básico la adquisición de conocimiento de distintas fuentes, como ser libros, expertos, otros. Las etapas que contemplan esta metodología y que el ingeniero de conocimiento debe pasar para producir un Sistema Experto son seis: Identificación, Conceptualización, Formalización, Implementación, Testeo y Revisión del prototipo. Se tienen 6 etapas fundamentales (Martínez, 2009).

2.4.1 IDENTIFICACIÓN

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

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

2.4.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Significa que por medio de entrevistas con el experto, con el objetivo de identificar y caracterizar el problema informalmente. El experto de campo y el ingeniero de conocimiento definen el alcance del sistema experto, es decir, que problemas va a resolver concretamente el sistema experto.

Se analizarán los conceptos vertidos por el experto de campo, los mismos serán tomados en cuenta con sumo interés, pues el experto humano o de campo es quién conoce en detalle los fundamentos articulares del tema a investigar (Martínez, 2009).

2.4.3 FORMALIZACIÓN

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

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

El ingeniero de conocimiento además debe reconocer las estrategias básicas que usa el experto cuando desarrolla su tarea, que hechos establece primero, que tipos de preguntas realiza primero, si define supuestos inicialmente sin bases con información tentativa, como determina el experto que pregunta debe usar para refinar sus suposiciones y en que orden el experto prosigue con cada sub tarea y si ese orden varía según el caso (Martínez, 2009).

2.4.4 IMPLEMENTACIÓN

El ingeniero de conocimiento deberá a medida que se desarrolla el prototipo que el formalismo usado es el apropiado para reflejar los conceptos y el proceso de inferencia del experto.

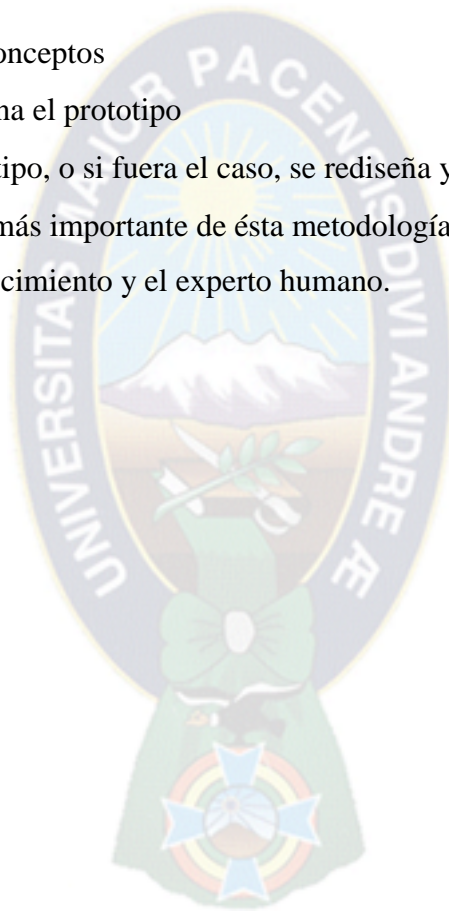
Las características particulares de construcción del lenguaje capturen exactamente los aspectos estructurales más importantes de los conceptos usados por el experto, la estructura del control del lenguaje al activar las reglas refleje la estrategia usada por el experto.

2.4.5 TESTEO

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

2.4.6 REVISIÓN DEL PROTOTIPO

- Se formular los conceptos
- Se rediseña y refina el prototipo
- Se refina el prototipo, o si fuera el caso, se rediseña y se reformulan los conceptos.
- La característica más importante de ésta metodología es la constante relación entre el ingeniero de conocimiento y el experto humano.



CAPITULO III MARCO APLICATIVO

3 ESTRUCTURA DEL SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO

En el proceso de desarrollo del sistema basado en conocimiento propuesto, se combinara la Metodología Buchanan y los procesos que tiene la estructura del sistema experto, como se observa en la figura 3.1.

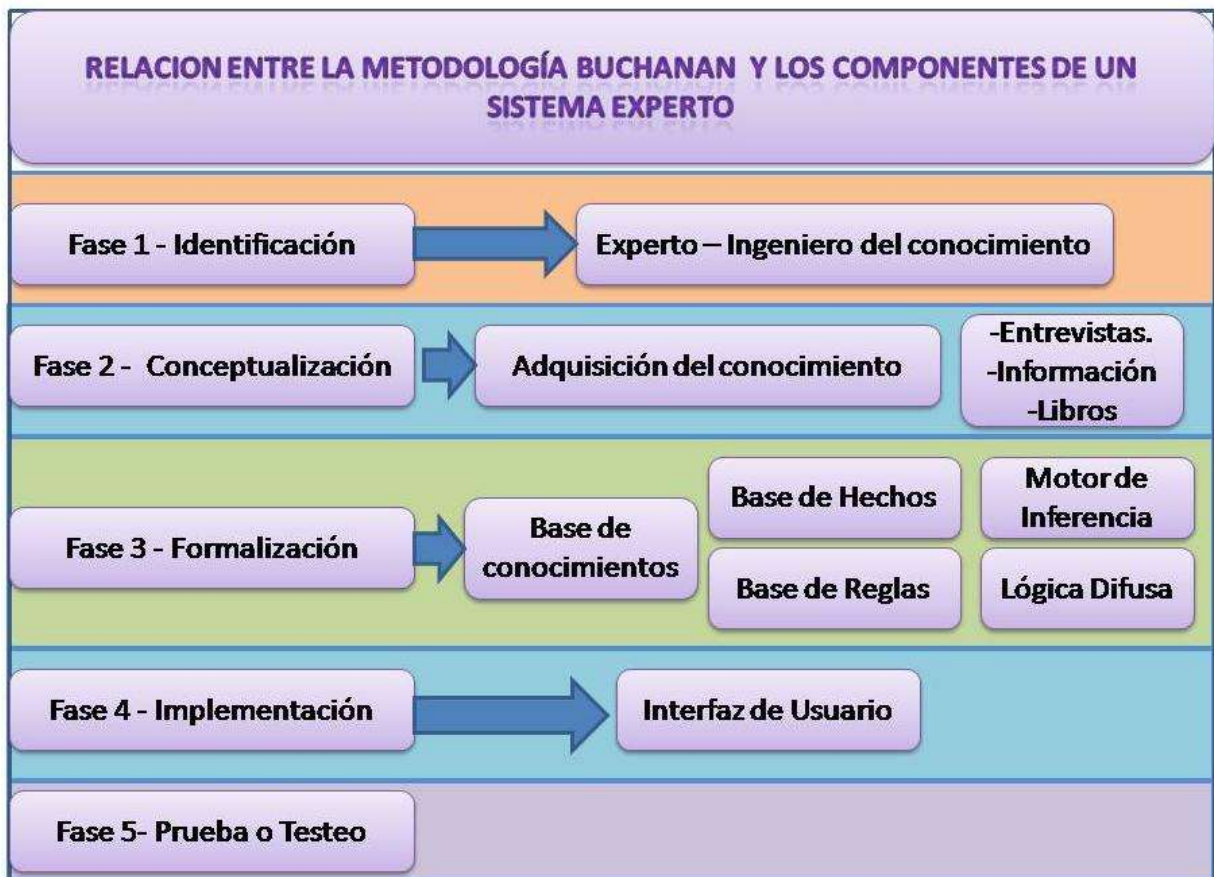


Figura 3.1: Metodología de Buchanan vs Sistema Experto
Fuente: Modificado de Arias, 2015.

3.1 IDENTIFICACIÓN

En la fase de identificación se realiza una investigación por parte del ingeniero del conocimiento quien define el tema y se identifica los problemas, establece la búsqueda de un experto humano que pueda colaborar con la estructuración del sistema experto mediante los conocimientos, estudios y experiencia que posee.

3.1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

En el capítulo I, se identificó el problema que se produce por un diagnóstico tardío de la enfermedad de Diabetes y las complicaciones que puede ocasionar a las personas, por lo cual es muy importante contar con una herramienta práctica para el diagnóstico y dar soluciones en un tiempo mínimo. La identificación del problema permitirá plantear una solución acorde al requerimiento.

El problema de la investigación es el siguiente: ¿Un Sistema Basado en Conocimiento para Diagnostico de Diabetes Mellitus en niños, jóvenes, adultos y mujeres embarazadas, realizará un diagnóstico rápido y confiable de la enfermedad además que brinde un apoyo al personal médico?

3.1.2 COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO PROPUESTO

- El experto humano: Que suministra los conocimientos especializados y la experiencia a disposición del Sistema Experto. Se cuenta con la colaboración de un Medico, que es un experto.
- El Ingeniero del Conocimiento: Que plantea las preguntas al experto, estructura sus conocimientos y los implementa a la base de conocimientos.
- El Usuario final: Que aporta sus deseos y sus ideas, determinando especialmente el escenario en el que debe aplicar el Sistema Experto.

3.2 CONCEPTUALIZACIÓN

Constituye la segunda fase de la Metodología de Buchanan, el entendimiento del dominio del problema y de la terminología usada, es decir a qué se refiere el Diagnóstico de la enfermedad de la Diabetes, también se define cuáles son los casos a considerar, la identificación y descripción de variables, como así también la modelización de la tarea que lleva a cabo el experto a la hora de realizar el proceso diagnóstico.

Esta etapa permite conformar un marco inicial de los diferentes conocimientos del dominio que el experto utiliza durante la realización de su tarea. Esta fase se logra por medio de entrevistas con el experto, con el objetivo de identificar los problemas. El experto de campo y el ingeniero del conocimiento definen el alcance del sistema experto. Una vez que ha sido identificado el dominio, el siguiente paso consiste en estructurar los conocimientos para modelar el comportamiento del experto en la solución del problema en este caso el diagnóstico de la Diabetes.

En el proceso de investigación, se ha tratado de comprender detalladamente el proceso de Diagnóstico de la Diabetes, el cual es desempeñado por los expertos.

3.2.1 ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO

La adquisición del conocimiento se puede definir como el proceso de recolectar información relevante a partir de distintas fuentes, libros, artículos relacionados con el diagnóstico de la Diabetes y principalmente el conocimiento, criterio y experiencia del Experto Médico.

Para la adquisición del conocimiento se llevará a cabo dos pasos importantes, que se detallan a continuación:

- Primer Paso: Obtener información sobre el Diagnóstico de la Enfermedad de la Diabetes en libros, artículos, que se describen en el capítulo de Marco Teórico. Esta

información ha permitido estudiar y asimilar conocimientos, sobre la enfermedad de la Diabetes y el proceso que se requiere para su Diagnóstico.

- Segundo Paso: Realizar entrevistas al experto en el área para tener una mejor información del tema y un conocimiento más preciso sobre el tema.

3.3 FORMALIZACION

La etapa de formalización tiene como objetivo, expresar los conocimientos sobre un problema y su resolución en estructuras que puedan ser utilizadas por una computadora.

El ingeniero del conocimiento empieza a determinar los principales conceptos del dominio que se requieren para realizar cada una de las tareas que va a resolver el sistema. En la fase se dan a conocer los pasos para la construcción del motor de inferencia que trabaja con la información contenida en la base de conocimientos y la base de hechos.

Para el desarrollo de este sistema se consideran dos grandes Fases:

- La Fase de clasificación
- La Fase de búsqueda

3.3.1 FASE DE CLASIFICACIÓN

Es la primera fase tiene el objetivo de clasificar a las personas en dos grandes grupos las personas que tienen mayor riesgo de desarrollar la diabetes y aquellas que tienen poco riesgo o leve riesgo de desarrollar Diabetes.

La escala de Riesgo usada es el FINDRISC que es utilizada en Europa para la detección y tamizaje de Diabetes. Esta escala es útil ya que cuenta con varios estudios de control de casos que corroboran esta escala.

Escala Findrisc

1. Edad:

- Menos de 45 años (0 p.)
- 45-54 años (2 p.)
- 55-64 años (3 p.)
- Más de 64 años (4 p.)

2. Índice de masa corporal: Peso: (kilos) / Talla² (metros)

- Menor de 25 kg/m² (0 p.)
- Entre 25-30 kg/m² (1 p.)
- Mayor de 30 kg/m² (3 p.)

3. Perímetro de cintura medido por debajo de las costillas(a nivel del ombligo):

Hombres

Mujeres

- | | |
|--------------------|------------------------|
| • Menos de 94 cm. | Menos de 80 cm. (0 p.) |
| • Entre 94-102 cm. | Entre 80-88 cm. (3 p.) |
| • Más de 102 cm. | Más de 88 cm. (4 p.) |

4. ¿Realiza habitualmente al menos 30 minutos de actividad física, en el trabajo y/o en el tiempo libre:

- Sí (0 p.)
- No (2 p.)

5. ¿Con qué frecuencia come verduras o frutas:

- Todos los días (0 p.)
- No todos los días (1 p.)

6. ¿Toma medicación para la hipertensión regularmente:

- No (0 p.)
- Sí (2 p.)

7. ¿Le han encontrado alguna vez valores de glucosa altos(Ej. control médico):

- No (0 p.)
- Sí (5 p.)

8. ¿Se le ha diagnosticado diabetes (tipo 1 o tipo 2) a alguno de sus familiares u otros parientes

- No (0 p.)
- Sí: abuelos, tía, tío, primo hermano (3 p.)
- Sí: padres, hermanos o hijos (5 p.)

Una vez que el usuario responde las preguntas del test FINDRISC se evalúa cada respuesta y de acuerdo a la ponderación de esta escala se le asigna un puntaje, aquellas personas que tiene un puntaje menor a catorce tienen poco riesgo de desarrollar la misma.

Las personas que tienen un puntaje mayor e igual a catorce tienen un riesgo elevado de desarrollar la enfermedad de Diabetes a corto plazo por lo que se debe hacer una búsqueda y detección más amplia y específica ya que el riesgo de desarrollo de esta enfermedad en estas personas es alto.

Las personas que tengan un puntaje superior o igual a catorce pasan a la fase búsqueda.

3.3.2 FASE DE BÚSQUEDA

Esta fase se compone de una investigación más profunda ya que los factores de riesgo son altos se realiza un cuestionario más extenso además que se le indica al usuario realizarse la toma de glicemia con un glucómetro ya que cumple con los factores de riesgo se debe enfáticamente realizar esta prueba para brindar un diagnóstico más confiable.

En los anexos se detallan los pasos para realizarse una prueba de glucemia con un glucómetro o también puede realizarse esta prueba en algunas farmacias.

Una vez obtenidos los datos en la fase de Búsqueda se envían estos datos al modelo difuso.

3.3.3 MODELO DIFUSO

Las características del modelo difuso DIAGDIABET, que se diseña con la finalidad de proporcionar una clara perspectiva de los datos que ingresan y salen desde el modelo difuso, cuya estructura se muestra en la figura 3.2, esto implica:

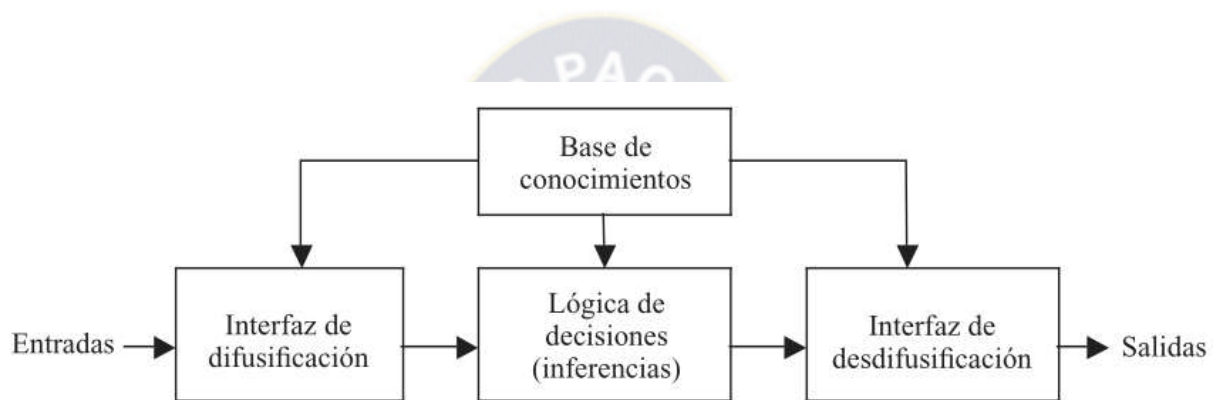


Figura 3.2 Estructura del sistema difuso.

Fuente: (Ponce, 2010).

Para el diseño de las funciones de membresía se utilizó el software FuzzyLite, se ha realizado la construcción de un sistema de inferencia difuso, en la figura 3.3 se muestran las variables de entrada y salida.

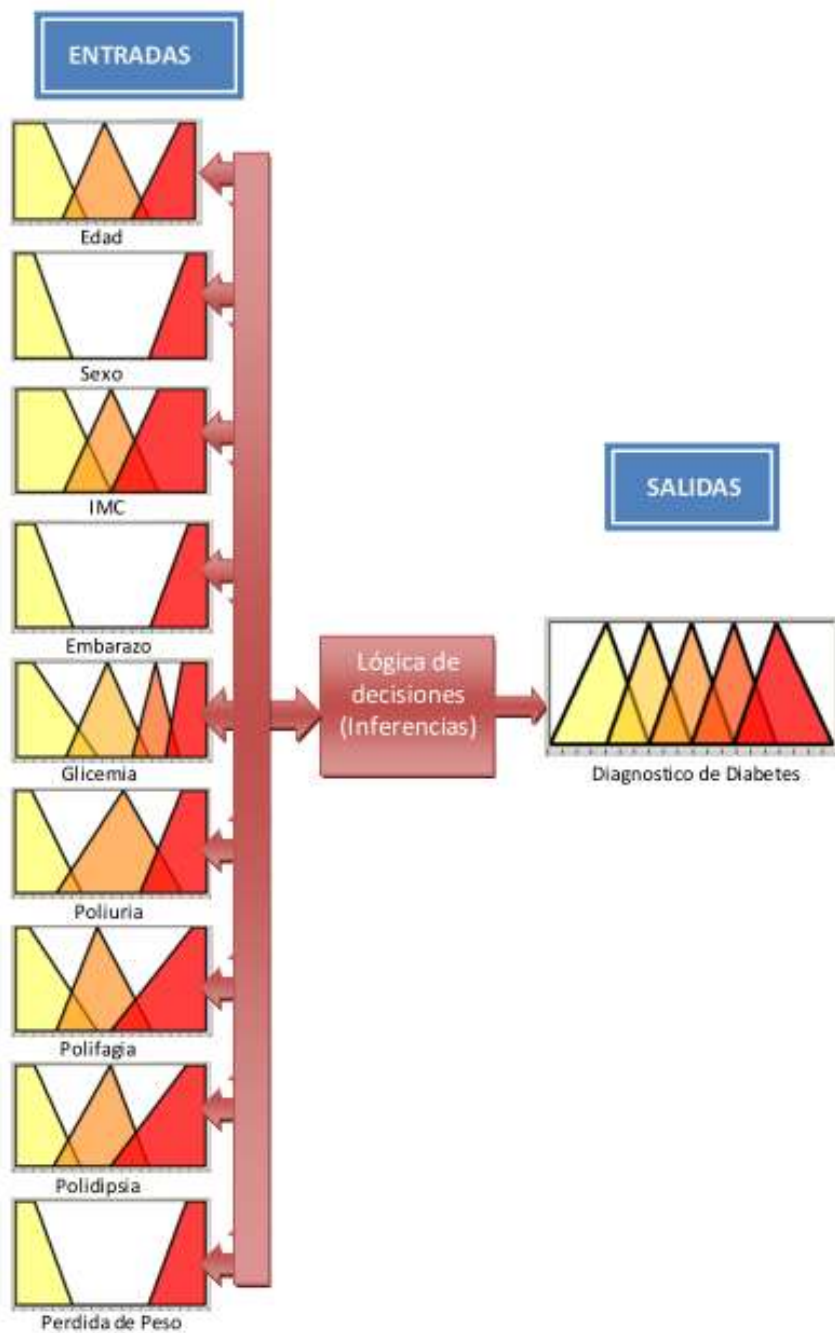


Figura 3.3 Entradas y Salidas del sistema difuso

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se definen los conjuntos difusos identificando y nombrando las variables de entrada y de salida, estableciendo además sus rangos en la tabla 3.1.

TABLA 3.1: Tabla Descripción de las variables

Num	Variable lingüística	Descripción	Tipo
1	Edad	Edad del usuario	Entrada
2	Sexo	Genero del usuario	Entrada
3	IMC	Métrica para determinar Obesidad	Entrada
4	Embarazo	Presencia de embarazo	Entrada
5	Glicemia	Cantidad de glucosa(azúcar) en sangre	Entrada
6	Poliuria	Es el aumento de volumen de orina (volumen excesivo >2.5 litros por día).	Entrada
7	Polidipsia	Es el aumento de sed	Entrada
8	Polifagia	Hambre exagerada que no calma a pesar de una ingesta alta de alimentos.	Entrada
9	Pérdida de Peso	Perdida de peso súbita y sin razón aparente a pesar de la ingesta normal o elevada de alimentos.	Entrada
10	Tipo de Diabetes	Los diferentes tipos de diagnósticos	Salida

Fuente: Elaboración Propia

El modelo se representa a través de nueve variables lingüísticas, debe notarse que cuantas más variables de entrada tenga el modelo, mayor será la complejidad del mismo, por lo que se tomaron en cuenta las propiedades más importantes, que son las variables que tienen mayor influencia para realizar el diagnostico de Diabetes, estas variables son: edad, sexo, IMC, embarazo, glicemia, poliuria, polifagia, polidipsia, pérdida de peso.

Los datos de entrada serán los correspondientes a la respuestas que el usuario contesté a cada pregunta para cada variable del modelo difuso, los datos sobre las preguntas fueron obtenidos en las reuniones con el experto en medicina.

Se debe determinar el universo de discurso para cada una de las variables de entrada, donde cada una de los signos o síntomas de la enfermedad de Diabetes se constituye en una variable lingüística para el modelo difuso. La función de pertenencia permite normalizar el nivel de pertenencia de un elemento a un conjunto dado, el cual se mueve en todo el intervalo $[0,1]$.

Las funciones de pertenencias elegidas son: la función L, gamma y la triangular, que se adaptan bastante bien a la definición y representación de las variables lingüísticas dentro de este modelo (Zadeh, 1976).

3.3.4 ENTRADAS

Para determinar el diagnostico de Diabetes se emplean las principales signos y síntomas de la enfermedad que son: edad, sexo, IMC, embarazo, glicemia, poliuria, polifagia. Polidipsia, pérdida de peso.

Definimos los parámetros para cada una de las variables:

Sean $U_1 = [0, 100]$ el universo de discurso de la edad, $U_2 = [0, 50]$ el universo de discurso del IMC (Índice de masa corporal), $U_3 = [20, 250]$ el universo de discurso del nivel de glicemia, Sean $U_4 = [0, 3000]$ el universo de discurso de poliuria, Sean $U_5 = [0, 10]$ el universo de discurso de polifagia, Sean $U_6 = [0, 10]$ el universo de discurso de polidipsia, que están definidos en intervalos de los números reales.

Sea $U_7 = [femenino, masculino]$ el universo de discurso del sexo de la persona, $U_8 = [si_emb, no_emb]$ el universo de discurso de embarazo, $U_9 = [si_pp, no_pp]$ el universo de discurso de pérdida de peso. Se definen las entradas del modelo difuso mediante las siguientes variables lingüísticas:

$E \in U_1$: es la variación de la variable edad.

$I \in U_2$: es la variación de la variable IMC.

$G \in U_3$: es la variación de la variable glicemia.

$P \in U_4$: es la variación de la variable poliuria.

$C \in U_5$: es la variación de la variable polifagia.

$S \in U_6$: es la variación de la variable polidipsia.

$F \in U_7$: es la variación de la variable sexo.

$B \in U_8$: es la variación de la variable embarazo.

$D \in U_9$: es la variación de la variable pérdida de peso.

Cada una de estas variables fue seleccionada de acuerdo a la investigación realizada sobre los principales signos y síntomas que se manifiestan a consecuencia de la enfermedad de Diabetes con la ayuda de un experto Medico. A continuación se describen cada una de las variables lingüísticas por los siguientes conjuntos difusos:

Edad: Constituye uno de los conjuntos difusos, cuyo universo de discurso está comprendido entre 0 y 100, esta variable tiene su importancia ya que gracias a ella se puede clasificar los dos grandes grupos de la Diabetes en Tipo1 o juvenil, y Tipo2 del adulto, a continuación se muestra la representación de los conjuntos difusos de esta propiedad por medio de sus valores lingüísticos, donde cada conjunto difuso de esta variable está definido en U_1 y sus funciones de pertenencia se ilustran en la figura 3.4

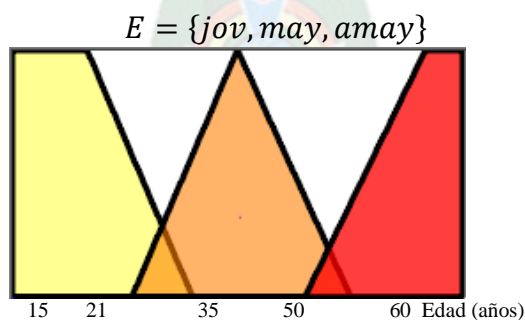


Figura 3.4 Variable Edad

Fuente: Elaboración propia.

$$\mu_{jov}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 15 \\ \frac{29-x}{14}, & 15 < x \leq 29 \end{cases}$$

$$\mu_{may}(X) = \begin{cases} \frac{x-21}{14}, & 21 \leq x < 35 \\ 1, & x = 35 \\ \frac{50-x}{15}, & 35 < x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{amay}(X) = \begin{cases} \frac{x-44}{16}, & 44 \leq x < 60 \\ 1, & 60 \leq x \end{cases}$$

Sexo:

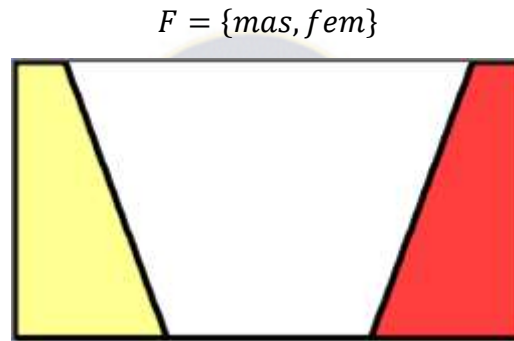


Figura 3.5 Variable Sexo

Fuente: Elaboración propia.

$$\mu_{mas}(X) = \begin{cases} 1, & x \leq 0.1 \\ \frac{0.3-x}{0.2}, & 0.1 < x \leq 0.3 \end{cases}$$

$$\mu_{fem}(X) = \begin{cases} \frac{x-0.7}{0.2}, & 0.7 \leq x < 0.9 \\ 1, & 0.9 \leq x \end{cases}$$

IMC: Constituye uno de los conjuntos difusos, cuyo universo de discurso está comprendido entre 0 y 50, el índice de masa corporal, o IMC, es una métrica utilizada para estimar la cantidad de grasa corporal que tiene una persona, es una medida de peso relativo a la masa y altura de un adulto.

El índice de masa corporal es un método utilizado para estimar la grasa corporal total, esto ayuda a determinar si el peso de una persona está dentro del rango normal, o por el contrario tiene sobrepeso o delgadez (OMS, 2015), esta variable está definido en U_2 y sus funciones de pertenencia se ilustran en la figura 3.6

$$I = \{id, ial, iob\}$$

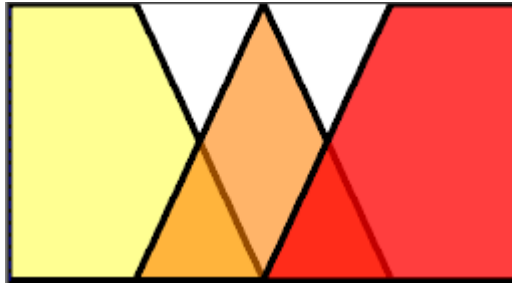


Figura 3.6 Variable IMC

Fuente: Elaboración propia.

$$\mu_{id}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 25 \\ \frac{30-x}{5}, & 25 < x \leq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{ial}(x) = \begin{cases} \frac{x-25}{5}, & 25 \leq x < 30 \\ 1, & x = 30 \\ \frac{35-x}{5}, & 30 < x \leq 35 \end{cases}$$

$$\mu_{iob}(x) = \begin{cases} \frac{x-30}{5}, & 30 \leq x < 35 \\ 1, & 35 \leq x \end{cases}$$

Embarazo:

$$B = \{sie, noe\}$$



Figura 3.7 Variable Embarazo

Fuente: Elaboración propia.

$$\mu_{sie}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 0.1 \\ \frac{0.3-x}{0.2}, & 0.1 < x \leq 0.3 \end{cases}$$

$$\mu_{noe}(x) = \begin{cases} \frac{x-0.7}{0.2}, & 0.7 \leq x < 0.9 \\ 1, & 0.9 \leq x \end{cases}$$

Glicemia: Constituye uno de los conjuntos difusos más importantes para el diagnóstico de Diabetes ya que a diferencia de otros signos síntomas que pueden ser no tan específicos para esta enfermedad, esta es una prueba directa ya que mide la cantidad de glucosa en sangre, cuyo universo de discurso está comprendido entre 40 y 400, el índice de masa corporal, o IMC, es una métrica utilizada para estimar la cantidad de grasa corporal que tiene una persona. Es una medida de peso relativo a la masa y altura de un adulto.

$$G = \{gb, gn, gP, gal\}$$



Figura 3.8 Variable Glicemia

Fuente: Elaboración propia.

$$\mu_{gb}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 40 \\ \frac{79-x}{39}, & 40 < x \leq 79 \end{cases}$$

$$\mu_{gn}(x) = \begin{cases} \frac{x-65}{20}, & 65 \leq x < 85 \\ 1, & x = 85 \\ \frac{110-x}{25}, & 85 < x \leq 110 \end{cases}$$

$$\mu_{gP}(x) = \begin{cases} \frac{x-100}{14}, & 100 \leq x < 114 \\ 1, & x = 114 \\ \frac{128-x}{14}, & 114 < x \leq 128 \end{cases}$$

$$\mu_{gal}(x) = \begin{cases} \frac{x-120}{10}, & 120 \leq x < 130 \\ 1, & 130 \leq x \end{cases}$$

Poliuria: Es el volumen de orina excesivo, es un problema que se produce cuando se orina una mayor cantidad que lo normal. El volumen de orina se considera excesivo si supera los 2,5 litros por día. El volumen de orina normal depende de la edad y el sexo, pero generalmente se lo considera normal si es inferior a 2 litros por día.

$$P = \{poliub, poliun, poliual\}$$



Figura 3.9 Variable Poliuria

Fuente: Elaboración propia.

$$\mu_{poliub}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 200 \\ \frac{800-x}{600}, & 200 < x \leq 800 \end{cases}$$

$$\mu_{poliun}(x) = \begin{cases} \frac{x-500}{800}, & 500 \leq x < 1300 \\ 1, & x = 1300 \\ \frac{2000-x}{700}, & 1300 < x \leq 2000 \end{cases}$$

$$\mu_{poliual}(x) = \begin{cases} \frac{x-1500}{500}, & 1500 \leq x < 2000 \\ 1, & 2000 \leq x \end{cases}$$

Polidipsia: Es la necesidad exagerada y urgente de beber líquidos, que es patológica y está presente en la enfermedad de la diabetes.

$$S = \{polidb, polidn, polidal\}$$



Figura 3.10 Variable Polidipsia

Fuente: Elaboración propia.

$$\mu_{poliub}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 2 \\ 3-x, & 2 < x \leq 3 \end{cases}$$

$$\mu_{poliun}(x) = \begin{cases} \frac{x-2.5}{1.5}, & 2.5 \leq x < 4 \\ 1, & = 4 \\ 5-x, & 4 < x \leq 5 \end{cases}$$

$$\mu_{polifal}(X) = \begin{cases} \frac{x-4}{2}, & 4 \leq x < 6 \\ 1, & 6 \leq x \end{cases}$$

Polifagia: Es un trastorno que se caracteriza por un hambre exagerada que no calma a pesar de una ingesta importante de alimentos.

$$C = \{polifb, polifn, polifal\}$$

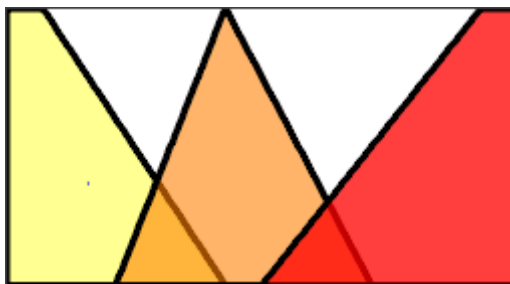


Figura 3.11 Variable Polifagia

Fuente: Elaboración propia.

$$\mu_{polifb}(X) = \begin{cases} 1, & x \leq 2 \\ \frac{4.5-x}{2.5}, & 2 < x \leq 4.5 \end{cases}$$

$$\mu_{polifn}(X) = \begin{cases} \frac{x-3}{1.5}, & 3 \leq x < 4.5 \\ 1, & x = 4.5 \\ \frac{6.5-x}{2}, & 4.5 < x \leq 6.5 \end{cases}$$

$$\mu_{polifal}(X) = \begin{cases} \frac{x-5}{3}, & 5 \leq x < 8 \\ 1, & 8 \leq x \end{cases}$$

Pérdida de Peso: La pérdida de peso súbita y sin razón aparente nunca es una buena noticia, por el contrario, la mayoría de las veces es una señal de alerta ante una enfermedad silenciosa este signo es importante para el diagnóstico de Diabetes ya que es uno de los signos más habituales de esta enfermedad.

$$D = \{sipp, nopp\}$$



Figura 3.12 Variable Pérdida de peso

Fuente: Elaboración propia.

$$\mu_{sipp}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 0.1 \\ \frac{0.3-x}{0.2}, & 0.1 < x \leq 0.3 \end{cases}$$

$$\mu_{nopp}(x) = \begin{cases} \frac{x-0.7}{0.2}, & 0.7 \leq x < 0.9 \\ 1, & 0.9 \leq x \end{cases}$$

3.3.5 SALIDAS

Para determinar las salidas que son los diagnósticos de Diabetes se utilizan los valores fuzificados y junto con las reglas de inferencia se obtiene el conjunto de salida

:

$$Dx = \{Normal, Prediabetes, DiabetesTipo1, DiabetesTipo2, DiabetesGestacional\}$$

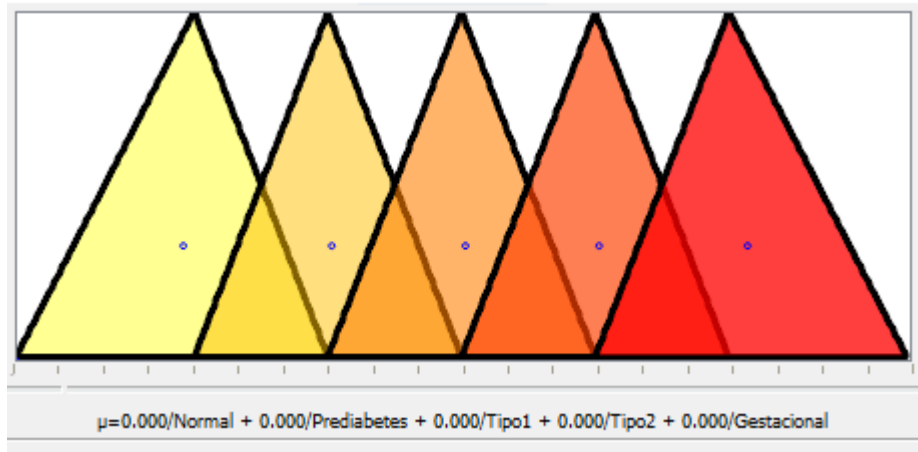


Figura 3.13 Variable de Salida

Fuente: Elaboración propia.

3.3.6 BASE DE CONOCIMIENTO

La Base de Conocimiento representa el conocimiento disponible sobre el problema en forma de reglas lingüísticas y se compone de la base de reglas.

Las reglas están expresadas como proposiciones condicionales de la forma:

SI (Antecedente) ENTONCES (Consecuente) donde Antecedente y Consecuente son una proposición (o un grupo de proposiciones ligadas por un conectivo Y) de la forma:

Si glicemia es gli_bajo Entonces Diagnostico es Normal

Cada una de las variables de entrada y de salida tiene su representación dentro del sistema de lógica difusa en forma de variables y valores lingüísticos.

El bloque de fuzzificación se encarga de convertir las entradas en conjuntos difusos, que son entregados al bloque de motor de inferencia, este bloque junto a las reglas difusas produce varios conjuntos difusos para que el bloque de defuzzificación los convierta en salidas numéricas concretas.

La tarea del sistema difuso es mostrar los distintos combinaciones de signos y síntomas que se pueden presentar y según estos determinar un Diagnostico, para lo cual se plantea las reglas de control en base a las restricciones y según la opinión del experto en el área de la medicina.

3.3.7 REGLAS DIFUSAS

1.- SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es id Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

2.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es id Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

3.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es ial Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

4.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es ial Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

5.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es iob Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

6.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es iob Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

7.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es id Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

8.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es id Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

9.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es ial Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

10.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es ial Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

11.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es iob Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

12.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es jov Y Imc es iob Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

13.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es may Y Imc es id Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

14.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es may Y Imc es id Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

15.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es may Y Imc es ial Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

16.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es may Y Imc es ial Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

17.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es may Y Imc es iob Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

18.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es may Y Imc es iob Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

19.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es amay Y Imc es id Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

20.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es amay Y Imc es id Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

21.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es amay Y Imc es ial Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

22.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es amay Y Imc es ial Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

23.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es amay Y Imc es iob Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

24.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es masculino Y edad es amay Y Imc es iob Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

25.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es id Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

26.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es id Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

27.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es ial Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

28.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es ial Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

29.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es iob Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

30.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es iob Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

31.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es id Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

32.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es id Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

33.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es id Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

34.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es id Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

35.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es ial Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

36.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es ial Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

37.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es ial Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

38.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es ial Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo1

39.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es iob Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

40.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es iob Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

41.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es iob Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

42.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es jov Y Imc es iob Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

43.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es id Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

44.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es id Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

45.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es id Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

46.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es id Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

47.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es ial Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

48.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es ial Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

49.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es ial Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

50.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es ial Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

51.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es iob Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

52.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es iob Y embarazo es si_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto ENTONCES Diagnostico es Gestacional

53.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es iob Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

54.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es may Y Imc es iob Y embarazo es no_emb Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

55.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es amay Y Imc es id Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

56.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es amay Y Imc es id Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

57.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es amay Y Imc es ial Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

58.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es amay Y Imc es ial Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

59.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es amay Y Imc es iob Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es si_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

60.-SI glicemia es gli_alto Y sexo es femenino Y edad es amay Y Imc es iob Y poliuria es poli_alto Y polifagia es polifa_alto Y polidipsia es polid_alto Y perdida_peso es no_pp ENTONCES Diagnostico es Tipo2

3.4 IMPLEMENTACION

Para la implementación del Sistema Basado en Conocimiento para el diagnóstico de la enfermedad de Diabetes se desarrolló en el lenguaje de programación lógica PROLOG.

3.4.1 DESCRIPCION DEL PROTOTIPO

El prototipo es útil para la interacción entre un sistema experto y un usuario, esta interacción se realiza en lenguaje natural, y para realizar este proceso de manera simple para el usuario es especialmente importante que el diseño de interfaz usuario permita un manejo intuitivo por parte del usuario.

La interfaz de usuario se elaboró en el editor de SWI PROLOG y con la librería específica XPCE.

En la figura 3.14 se puede ver la descripción del prototipo

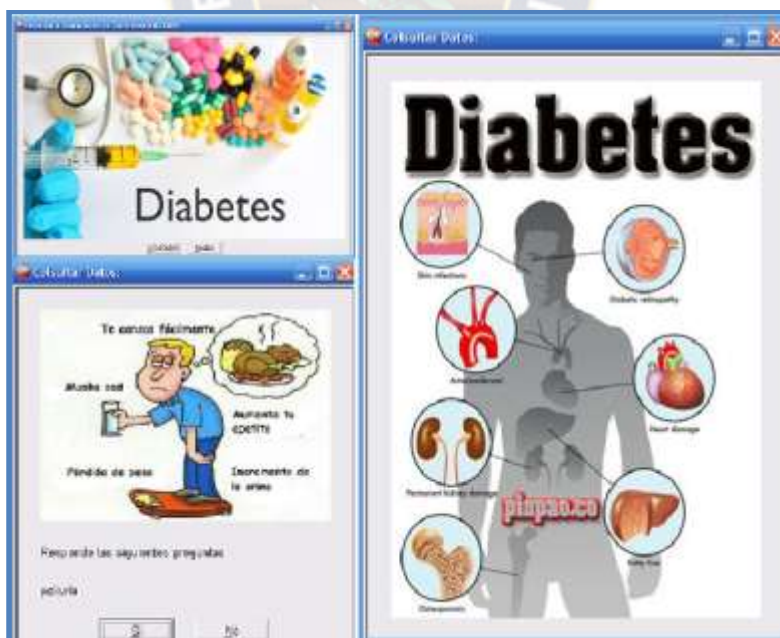


Figura 3.14 Pantallas del prototipo

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra la pantalla principal del prototipo, que es la primera interfaz entre el sistema basado en conocimiento y el usuario como se muestra en la figura 3.15.



Figura 3.15 Pantalla principal del prototipo
Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente pantalla muestra los factores de riesgo más importantes para la enfermedad de Diabetes.

PREGUNTAS

Edad: 58

Peso en kilos: 78

Estatuta en metros: 1.64

El resultado IMC : 29,0006

3.- Perimetro de cintura medido por debajo de las costillas(a nivel del ombligo)

	Hombres	Mujeres
Perimetro cintura:	Más 102 cm <input type="checkbox"/>	Más de 88 cm <input checked="" type="checkbox"/>

4.- Realiza habitualmente al menos 30 minutos de actividad fisica en el trabajo y/o en el tiepo libre

Ejercicio : No Si

5.- Con que frecuencia come frutas o verduras

Verduras : No todos los dias Todos los dias

6.- toma medicación para la hipertension regularmente

Medicación : No Si

7.- le hab encontrado alguna vez valores de glucosa altos

Medicación : No Si

8.- Le ha diagnosticado diabetes (Tipo 1 o tipo 2) a alguno de sus familiares

Herencia: Si: padres, hermanos o hijos

El resultado suma Total : 23 puntos,50 % , Nivel de riesgo muy alto,

P total

Figura 3.16 Factores de Riesgo
Fuente: Elaboración propia.

La siguiente pantalla figura 3.17 muestra el llenado los síntomas de la enfermedad de Diabetes.

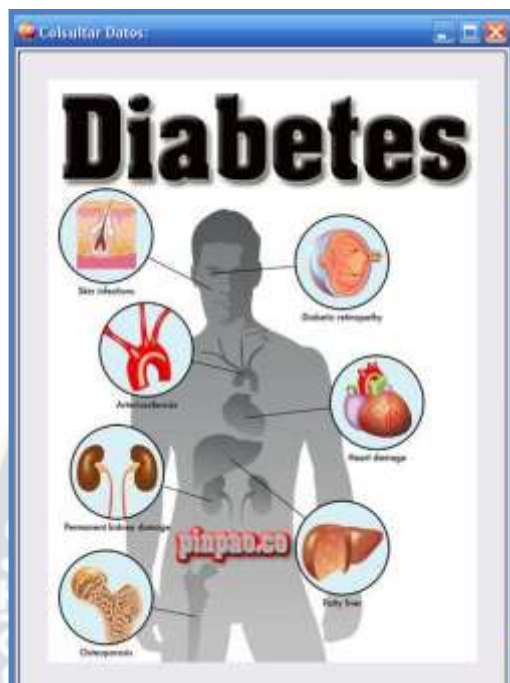


Figura 3.17 Síntomas de Diabetes

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente pantalla figura 3.18 muestra el llenado los síntomas de la enfermedad de Diabetes.



Figura 3.18 Síntomas de Diabetes

Fuente: Elaboración propia.

La siguiente pantalla figura 3.19 muestra el diagnóstico de la Enfermedad de Diabetes.

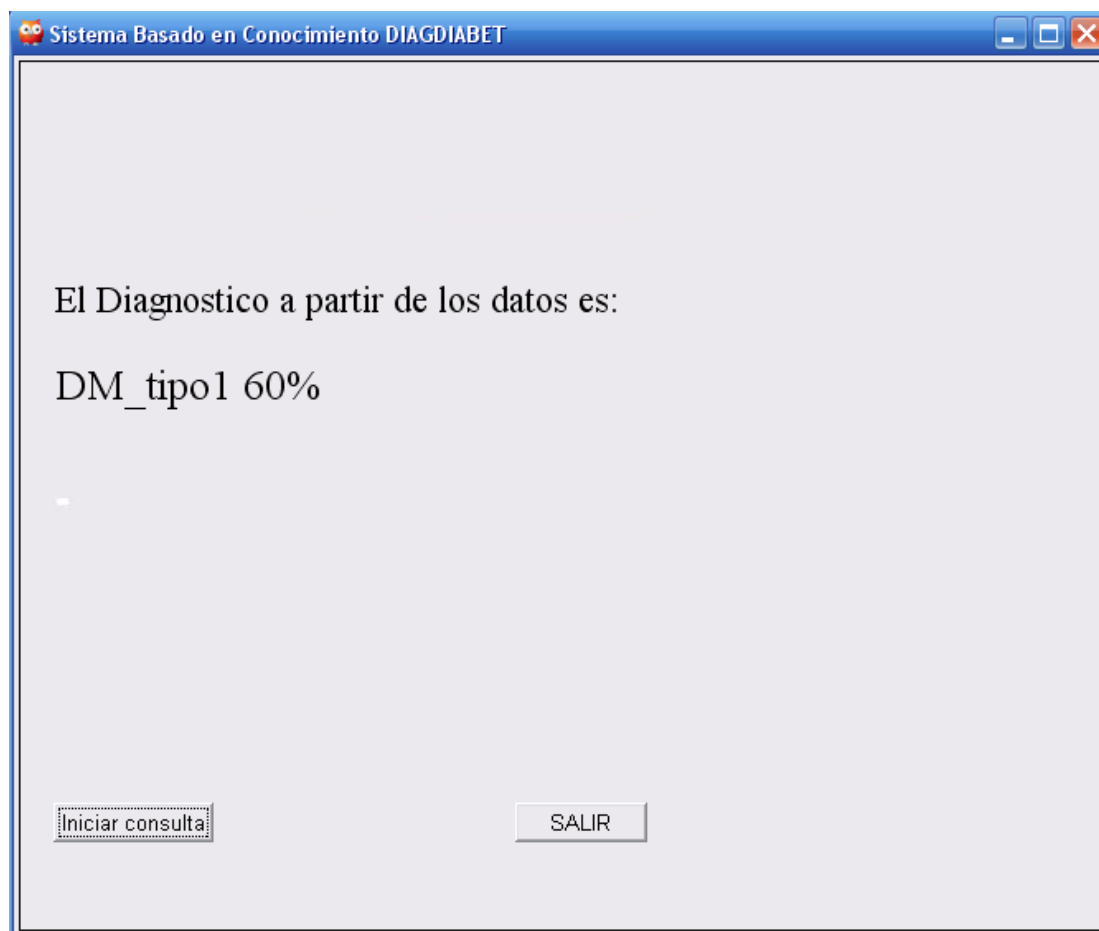


Figura 3.19 Pantalla de diagnostico

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO IV PRUEBA DE HIPOTESIS

Realizamos la evaluación respectiva de la hipótesis planteada al inicio de esta tesis, la cual es una herramienta para realizar el diagnóstico de la Diabetes. La hipótesis planteada es:

H: "El sistema basado en conocimiento en base a Lógica Difusa permite el diagnóstico de Diabetes tipo I, Diabetes tipo II, Diabetes Gestacional y se establecerá como una herramienta para el personal de salud".

De las cuales identificamos las variables correspondientes:

- **Variable Independiente:** El Sistema Experto que realiza un posible diagnóstico de Diabetes.
- **Variable Dependiente:** Diagnostico confiable.
- **Variable Interviniente** Lógica difusa.

La demostración de la hipótesis se realiza iniciando con el denominado contraste de Rachas de Wald – Wolfowitz. Lo aplicamos al problema investigado, porque utilizamos muestras, a continuación describimos el método de Rachas de Wald – Wolfowitz.

4.1 CONTRASTE DE RACHAS DE WALD - WOLFOWITZ

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

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

H_0 La muestra es aleatoria.

H_1 La muestra no es aleatoria.

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

R : Número total de rachas de la muestra.

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

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

Siendo:

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

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

Por consiguiente para muestras grandes se verifica:

$$Z = \frac{R - E[R]}{\sqrt{Var[R]}} + 1$$

Para muestra concreta el valor estadístico será:

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

Donde R es el número total de rachas observadas de la muestra.

La región de aceptación de la hipótesis nula será:

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

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

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

4.1.1 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPÓTESIS

Paso 1: Planteamiento de la Hipótesis nula

"El sistema basado en conocimiento en base a Lógica Difusa permite el diagnóstico de Diabetes tipo I, Diabetes tipo II, Diabetes gestacional y se establecerá como una herramienta para el personal de salud".

Paso 2: Selecciona el nivel de confianza

$$\text{Nivel de Confianza} = (1 - \alpha) * 100\%$$

El nivel de confianza o significación que se elige es el 90%, remplazando en la fórmula anterior se obtiene que $\alpha = 0.05$ elegida en la Tabla Normal.

Paso 3: Identificación del Estadístico de prueba

La prueba de Rachas o WaldWolfowitz utiliza los signos de los residuos y variaciones de negativos y positivos o viceversa. Una racha vendrá constituida por los signos iguales.

Paso 4: Formulación de la regla de decisión

Tabla 4.1 Comparación Diagnóstico Sistema Experto VS DDIAB

Caso	Sexo	Edad	Diagnostico	Diagnostico DDIA	APR
1	Mujer	45 años	Diabetes Tipo2	Diabetes Tipo2	+
2	Varón	35 años	Diabetes Tipo2	Diabetes Tipo2	+
3	Mujer	38 años	Diabetes Gestacional	Diabetes Gestacional	+
4	Mujer	55 años	Diabetes tipo2	Diabetes Tipo2	+
5	Mujer	22 años	Diabetes tipo1	Diabetes Tipo1	-
6	Varón	48 años	Diabetes tipo2	Diabetes tipo 2	+
7	Mujer	55 años	Diabetes Tipo 2	Diabetes Tipo 2	+
8	Mujer	47 años	Diabetes Tipo2	Sano	-
9	Varón	33 años	Diabetes Tipo2	Diabetes Tipo2	+
10	Mujer	44 años	Diabetes Tipo2	PreDiabetes	-
11	Mujer	58 años	Diabetes Tipo2	Diabetes Tipo2	+
12	Mujer	34 años	Diabetes Tipo2	Diabetes Tipo2	+
13	Mujer	41 años	PreDiabetes	Diabetes Tipo2	+
14	Varón	46 años	Diabetes Tipo2	Diabetes Tipo2	+
15	Mujer	38 años	Diabetes Gestacional	Diabetes tipo2	-
16	Varón	58 años	Diabetes Tipo2	Diabetes Tipo2	+

Fuente: [Elaboración Propia]

Siendo que el Total de rachas son:

Tabla 4.2 Sumas Totales de Rachas

Total Rachas Expuestas	$R_{exp} = 7$
Número Total de Observaciones	$N = 16$
Numero de Residuos Positivos (+)	$n_1 = 12$
Numero de Residuos Negativos (-)	$n_2 = 4$

Fuente: [Elaboración Propia]

Remplazaremos los datos anteriores en las ecuaciones:

Esperanza:

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

$$E[R] = \frac{2 \cdot 12 \cdot 4}{12+4} + 1 = 7$$

Varianza:

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

$$Var[R] = \frac{(2 \cdot 12 \cdot 4)(2 \cdot 12 \cdot 4 - 12 - 4)}{(12 + 4)^2(12 + 4 - 1)} = 2.0$$

Paso 5: Toma de decisión

Remplazamos los valores anteriores en el valor estadístico y obtenemos:

$$Z = \frac{R - E[R]}{\sqrt{Var[R]}} + 1$$

$$Z = \frac{8 - 7}{\sqrt{2.0}} + 1 = 1.84$$

Calcularemos la región de aceptación de la hipótesis, hallaremos $Z_{\alpha/2}$, el cual obtenemos de la Tabla Normal $N(0,1)$, de manera que cumpla:

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

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

$$1 - P\left(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = \frac{\alpha}{2}$$

$$P\left(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \frac{\alpha}{2}$$

$$P\left(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - 0.025$$

$$P\left(Z_1 < Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 0.975$$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$$

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

$$P\left(Z_1 \geq Z_{\frac{\alpha}{2}}\right) = 0.025$$

$$Z_{\frac{\alpha}{2}} = 1.96$$

Por lo tanto, la región de aceptación de la hipótesis nula es:

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

$$-1.96 < 1.84 < 1.96$$

Donde podemos observar que el valor $Z_{\alpha/2}=1.84$ cae dentro del intervalo de aceptación de la hipótesis, por lo que se puede afirmar que la tesis es un trabajo válido y que los datos de muestra son aleatorios.

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El desarrollo de un sistema basado en conocimiento, permitió la identificación de los principales signos y síntomas de la enfermedad de Diabetes, que es una enfermedad que tiene gran prevalencia en Bolivia y de acuerdo a proyecciones de esta enfermedad anuncian que para 2030 los casos de duplicaran.

Con base en los casos de estudio realizados, que se puede observar en la tabla 4.1 se constata que el sistema tiene un grado de similitud del 85% con los resultados obtenidos del sistema basado en conocimiento en relación con el criterio del experto.

El prototipo brinda al usuario un diagnóstico rápido y práctico para el usuario el cual se beneficia de un diagnóstico precoz que favorece un inicio precoz del tratamiento si es el caso que se haya encontrado un diagnóstico de Diabetes ya que esta enfermedad debe recibir tratamiento lo antes posible y cuando mencionamos tratamiento no solo es el enfoque puramente farmacológico ya que el tratamiento de esta enfermedad es multidisciplinario y contempla las áreas de nutrición y el estilo de vida del paciente con dichas medidas se trata de frenar el rápido deterioro y daño de la hiperglucemia a los tejidos del cuerpo de la persona afectada por esta enfermedad.

El Diagnóstico de cualquier enfermedad debería socializarse más y estar más al alcance de cualquier persona ya que el tratamiento seguimiento y control de las enfermedades, si realmente son tareas exclusivas de un médico especialista en este caso de un endocrinólogo.

En nuestro medio la sociedad tiene la costumbre de consultar al médico solo cuando los signos o síntomas ya son demasiado evidentes y generalmente la enfermedad ya compromete varios órganos o el daño producido por estas ya produjo grandes daños y es que generalmente las personas no realizan controles de salud periódicos o preventivos cuando no se tiene ninguna dolencia.

El marco metodológico a través de la metodología Buchanan, asegura el desarrollo y posterior crecimiento del Sistema Basado en Conocimiento, en los aspectos relativos al mantenimiento del conocimiento.

Para el desarrollo de las reglas difusas lo que se realizó primero fue adquirir conocimiento heurístico del experto, relacionado al diagnóstico de la Diabetes, además de la revisión de la literatura referente al tema en libros, artículos y la consulta de los términos y procedimientos específicos al especialista médico.

El prototipo del sistema basado en conocimiento para el diagnóstico de la Diabetes, se desarrolló cumpliendo con el modelado y desarrollo de un sistema experto siguiendo las fases de la metodología de sistemas expertos Buchanan.

Para la formalización el conocimiento del experto se utilizó la lógica de predicados delimitando los dominios y funciones de pertenencia para cada variable de entrada al sistema difuso. La base de conocimientos se estructuró a partir del conocimiento encontrado en las fuentes de información y el experto médico todo esto converge en la formulación de las reglas difusas que son el centro del sistema basado en conocimiento.

Para la activación de las reglas difusa se utilizó el método de encadenamiento hacia adelante que permite a partir de los hechos conocidos o verdaderos avanzar a través del árbol de decisión y terminar en conclusiones en este caso un diagnóstico.

Al aceptar que el Sistema experto tiene un grado de similitud del 85% con el criterio del Experto se verifica que el sistema basado en conocimiento para el diagnóstico de la Diabetes permitirá la identificación de los tres diferentes tipos de Diabetes y una categoría adicional como prediabetes que es vulnerable o susceptible de desarrollar Diabetes.

El uso de la tecnología conlleva ventajas que deben ser aprovechadas por la población como se realiza en otros países, donde se pueden realizar desde consultas médicas hasta cirugías a distancia. Estas tecnologías adquirieron confianza tras su utilización y cada vez más son incluidas en más áreas de la vida cotidiana, con el propósito de mejorar la calidad de vida.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar otras investigaciones en el área de la salud que amplíen los dominios de conocimiento, ya que estos lograrán un óptimo funcionamiento de las unidades sistemas de salud y servicios brindados a la población.

5.3 TRABAJOS FUTUROS

Los trabajos futuros deberían orientarse al cambio y el movimiento de las tecnologías biomédicas y en consecuencia a la actualización de la ciencia se podría en un futuro realizar un sistema de diagnóstico con dispositivos tipo biochip y tecnología inalámbrica para realizar evaluaciones más personalizadas y específicas con una mayor disposición de recursos económicos y tecnológicos para estos objetivos.

BIBLIOGRAFÍA

Acerca de Diabetes (2016). Idf: *Acerca de Diabetes*. Recuperado de: http://www.idf.org/about-diabetes*language=es

Baltzer, W (1997) *Cómo hacer teorías*, Texto divulgativo en el que se explican los diferentes procesos que conducen a la formulación de una teoría. Madrid: Editorial Alianza.

Bauer, klaus. 1988. *sistemas Expertos: introducción a la técnica y aplicación*. Barcelona

Castillo, E., J. M. Gutiérrez y A. S. Hadi, 1997. *Sistemas expertos y modelos de redes probabilísticas*. Monografías de la academia de ingeniería. España. 627 pp.

Corzo, Y. (2001,28 de mayo) *Lógica Difusa* Recuperado de: http://casanchi.com/casanchi_2001/difusa01.htm

Diabetes (2015). *Dmedicina: Diabetes* <http://www.dmedicina.com/enfermedades/digestivas/diabetes.html>

Dubois, D. y Prade, H. (1985): *Una revisión de las conexiones de agregación de conjuntos difusos*. Ciencias de la Información.

En Bolivia hay 90.000 casos de diabetes, en 5 años se duplicarán (7 de abril de 2016). Pagina siete: En Bolivia hay 90.000 casos de diabetes Recuperado de <http://www.paginasiete.bo/sociedad/2016/4/7/bolivia-90000-casos-diabetes-anosduplicaran-92381.html>.

García De Los Rios, Manuel (2003), *Diabetes Mellitus*, Santiago, Chile.

Giarratano, J. (1998). *Sistemas Expertos Principios y programación*. International Thomson Editores.

Greenspan, F., Baxter, J. (1995) *Endocrinología básica y clínica*, México, D.F, Ed. El Manual Moderno.

Ibáñez, A. (2012). Que es la incidencia y la prevalencia de una enfermedad. Recuperado de:
http://www.madrimasd.org/blogs/salud_publica/2012/02/29/133136

Maza, Ana.2009. Diseño de un sistema experto para el enderezado de chasis en frío, México

Martínez, M. (2009). Aprendizaje Artificial y sistemas expertos en la División de Sistemas del Departamento de Ciencia Básicas de la Universidad Nacional de Luján. Disponible en <http://www.unl.edu.mx>

Montes, J. (2005). Sistemas experto recuperado de: <http://www.avellano.fis.usal.es/~laionso/SistemasInteligentes/Lecture.shtml>

Organización Mundial de la Salud. (2016). Informe mundial sobre la diabetes. Recuperado de <http://www.who.int/diabetes/global-report/es/>

Palma Méndez, Marín Morales R, (2008) *Inteligencia Artificial métodos, técnicas y aplicaciones*, Madrid- ESPAÑA, McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA.

Ponce Cruz Pedro (2010), *Inteligencia Artificial con Aplicaciones a la Ingeniería* México DF, Alfaomega Grupo Editor.

Rada, Juan, fuzzylite a fuzzy logic control library in C++.

Rolston, D. W. (1993). *Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos*. McGRAW-HILL.

Rozman C., (1997), *Compendio De Medicina Interna*, Madrid, España, Ed. Harcourt Brace

Santana Miguel, 1988. Los sistemas expertos y sus aplicaciones. Lima. Perú

Ugarte, P. (2002, septiembre) Nefropatía Diabética. Revista chilena de pediatría. Recuperado de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037041062002000500

GLOSARIO

Polidipsia: es el aumento anormal de la sed y que puede llevar al paciente a ingerir grandes cantidades de líquidos, habitualmente agua.

Polifagia: es el aumento anormal de la necesidad de comer que puede deberse a ciertos trastornos psicológicos o a alteraciones de tipo hormonal.

Poliuria: Es el volumen de orina excesivo, es un problema que se produce cuando se orina una mayor cantidad que lo normal. El volumen de orina se considera excesivo si supera los 2,5 litros por día. El volumen de orina normal depende de la edad y el sexo, pero generalmente se lo considera normal si es inferior a 2 litros por día.

Hipótesis: Explicaciones tentativas del fenómeno investigado que se formulan como proposiciones.

Sistema Experto: Sistemas informáticos que forman parte de la Inteligencia Artificial, éstos simulan el proceso de aprendizaje, memorización, razonamiento, comunicación y de acción en consecuencia de un experto humano en cualquier rama de la ciencia.

Lenguaje: Es un traductor de comandos escritos con una sintaxis específica. Un lenguaje para sistemas expertos también proporciona un mecanismo de inferencia que ejecute las instrucciones del lenguaje.

Prototipo: Es una "muestra" más simplificada de un sistema. Permite entregar un resultado rápido de cómo se verá o será el sistema a diseñar. Por lo general el prototipo se muestra al cliente/usuario para lograr cumplir con todos los requisitos necesarios.

Lógica difusa: es una técnica de la inteligencia computacional que permite trabajar con información con alto grado de imprecisión.

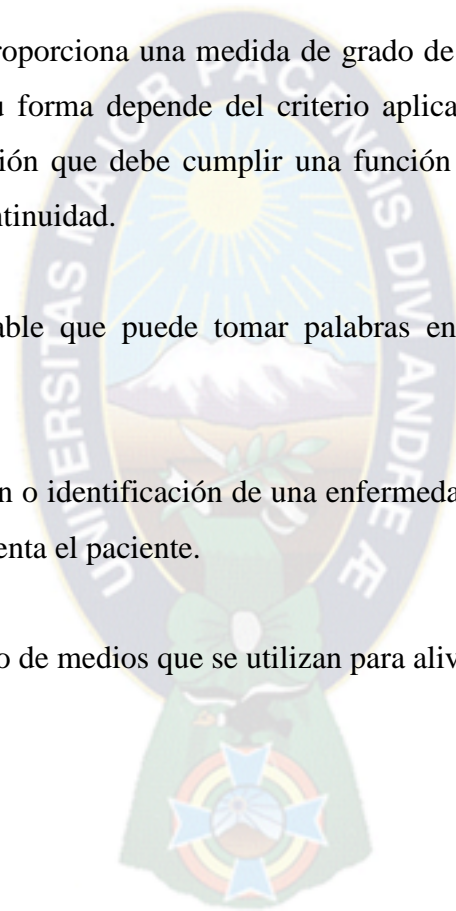
Conjuntos difusos: Considerados como una generalización de los conjuntos clásicos, contempla la pertenencia parcial de un elemento a un conjunto, es decir, cada elemento presenta un grado de pertenencia a un conjunto difuso que puede tomar cualquier valor entre 0 y 1.

Función de pertenencia: Proporciona una medida de grado de similitud de un elemento de con el conjunto difuso. Su forma depende del criterio aplicado en la resolución de cada problema La única condición que debe cumplir una función de pertenencia es que tome valores entre 0 y 1, con continuidad.

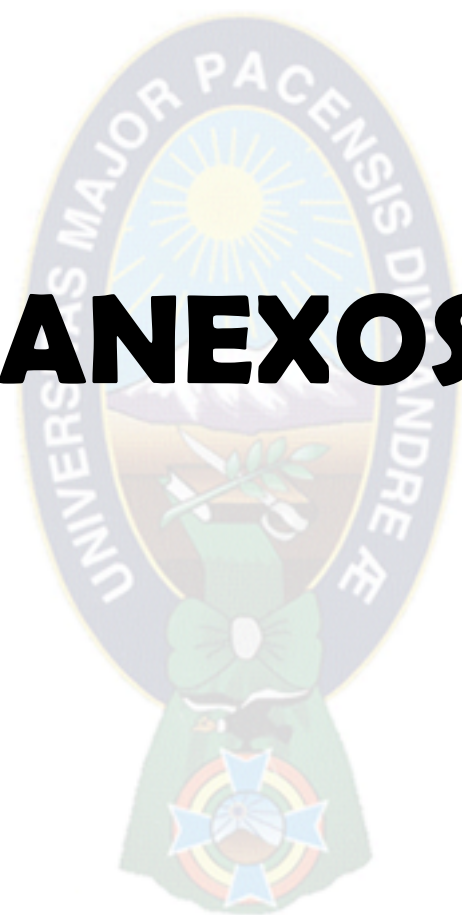
Variable lingüística: Variable que puede tomar palabras en lenguaje natural como sus valores.

Diagnóstico: Determinación o identificación de una enfermedad mediante el examen de los signos y síntomas que presenta el paciente.

Tratamiento: es un conjunto de medios que se utilizan para aliviar o curar una enfermedad.



ANEXOS



ESCALA FINDRISC

La prevención: el mejor tratamiento

La escala FINDRISC es un instrumento de cribaje inicialmente diseñado para valorar el riesgo individual de desarrollar DM2 en el plazo de 10 años. Las principales variables que se relacionan con el riesgo de desarrollar DM en esta escala son: edad, IMC, el perímetro de la cintura, hipertensión arterial con tratamiento farmacológico y los antecedentes personales de glucemia elevada.

Se trata de un test con ocho preguntas, en el cual cada respuesta tiene asignada una puntuación, variando la puntuación final entre 0 y 26*.

Edad

Menos de 45 años	0 puntos
Entre 45-54 años	2 puntos
Entre 55-64 años	3 puntos
Más de 64 años	4 puntos

IMC (kg/m²)

Menos de 25 kg/m ²	0 puntos
Entre 25-30 kg/m ²	1 punto
Más de 30 kg/m ²	3 puntos

Perímetro abdominal (medido a nivel del ombligo)

Hombres	Mujeres	Puntuación
Menos de 94 cm	Menos de 80 cm	0 puntos
Entre 94-102 cm	Entre 80-88 cm	3 puntos
Más de 102 cm	Más de 88 cm	4 puntos

¿Realiza normalmente al menos 30 minutos diarios de actividad física?

Sí	0 puntos
No	2 puntos

¿Con qué frecuencia come frutas, verduras y hortalizas?

A diario	0 puntos
No a diario	1 punto

¿Le han recetado alguna vez medicamentos contra la HTA?

Sí	2 puntos
No	0 puntos

¿Le han detectado alguna vez niveles altos de glucosa en sangre?

Sí	5 puntos
No	0 puntos

¿Ha habido algún diagnóstico de DM en su familia?

No	0 puntos
Sí: abuelos, tíos o primos hermanos (pero no padres, hermanos o hijos)	3 puntos
Sí: padres, hermanos o hijos	5 puntos

PUNTUACIÓN TOTAL

Puntuación total	Riesgo de desarrollar diabetes en los próximos 10 años	Interpretación
Menos de 7 puntos	1 %	Nivel de riesgo bajo
De 7 a 11 puntos	4 %	Nivel de riesgo ligeramente elevado
De 12 a 14 puntos	17 %	Nivel de riesgo moderado
De 15 a 20 puntos	33 %	Nivel de riesgo alto
Más de 20 puntos	50 %	Nivel de riesgo muy alto

Anexo B

USO DEL GLUCÓMERO

Cómo realizar un control de la glucemia capilar:

Antes de hacer el control glucémico, hay que lavarse las manos con agua y jabón y limpiar la zona del dedo que se pinchará con una gasa o algodón empapados con alcohol. Luego se deben seguir estas instrucciones:

1. Usar el lanceta (pinchador) para sacar una gota de sangre

- Poner una lanceta limpia en el dispositivo o pinchador.
- Retirar la tapa del dispositivo de la lanceta.
- Empujar hacia dentro del extremo con el resorte del dispositivo de la lanceta.
- Colocar la punta de la tapa del dispositivo de la lanceta contra un lado del dedo.
- Antes de realizar el pinchazo para extraer la gota de sangre, colocar la tira reactiva en el glucómetro.
- Apretar el botón del mecanismo que dispara el resorte y la lanceta hará un pequeño pinchazo.



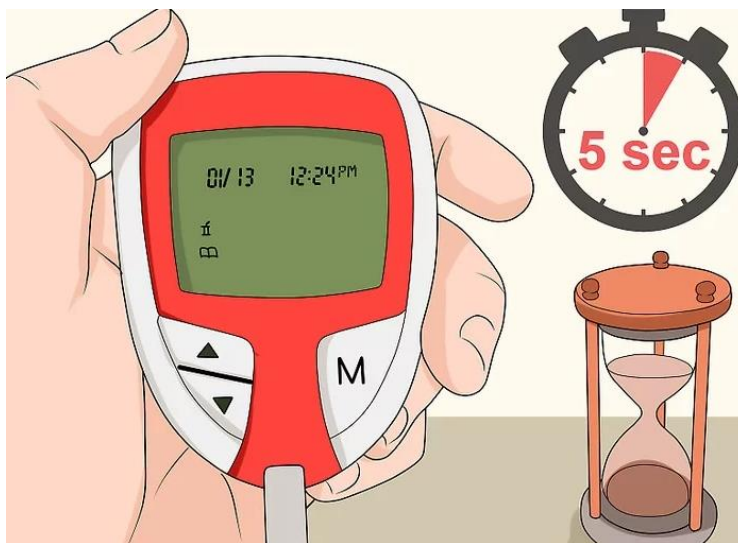
2. Poner la gota de sangre en la tira reactiva

- Apretar suavemente el dedo para obtener una gota de sangre.
- Colocar la gota de sangre en la tira reactiva.
- Hay que asegurarse de colocar la cantidad suficiente de sangre para rellenar el área de muestra.



3. Fijarse en el glucómetro

- El glucómetro empezará a hacer una cuenta regresiva cuando se haya colocado suficiente sangre en la tira.
- Una vez pasado el tiempo de cuenta atrás, el glucómetro mostrará el nivel de glucosa en sangre.
- Escribir el nivel de glucosa en una libreta.



Medidas de seguridad antes de realizar el control glucémico

Debemos asegurarnos de:

- El glucómetro tiene programada correctamente la hora, día, mes, año y la medida es en miligramos/decilitros (mg/dl). Los medidores tienen la opción de medir en milimoles/litro (mmol/L).
- Las tiras reactivas no están caducadas.
- La tapa del bote de las tiras está bien cerrada.