

Sistema Experto para el Diagnóstico de la Diabetes Mellitus Tipo 1 o Tipo 2

Joel Gabriel Mite Yaguana
Universidad Nacional de Loja
jgmithey@unl.edu.ec

Resumen - El objetivo de este proyecto es proporcionar un diagnóstico rápido de la Diabetes Mellitus Tipo 1 y Tipo 2, en base a los síntomas que presente una persona. Para ello hemos estudiado todo el proceso que sigue un médico al momento de realizar una valoración al paciente, además para complementar todo este proceso de investigación se realizó una exhaustiva búsqueda de trabajos relacionados y artículos que sirvieron como base para la construcción de la base de conocimientos, la misma que en conjunto con la experiencia y conocimiento por parte del especialista (medico familiar) nos permitió conocer más allá de los síntomas y el comportamiento mismo de la enfermedad. Por otro lado el desarrollo del sistema se lo realizo en prolog mediante etapas, en la primera etapa definimos reglas que utilizaremos para diagnosticar el tipo de diabetes que padece una persona, en la segunda etapa determinamos la base de conocimiento, prácticamente son los hechos que determinaran si existe relación entre los hechos y los síntomas de la persona, la tercera etapa es parecida a la segunda con la diferencia de que este diagnóstico lo va a realizar un médico, es decir el medico será quien participe relacionando las evaluaciones clínicas con los hechos del sistema, en la cuarta etapa se determinara si la persona a evaluar es una persona o el responsable de llevar a cabo esta evaluación es un médico y en la última y quinta etapa se imprimen en consola las preguntas que determinaran si una persona posee diabetes o simplemente es un diagnostico desconocido. Este prototipo en un principio se realizó para agilizar el proceso de evaluación diabética a una persona con principios de diabetes y en base a ello tomar una decisión y evitar que ocurran complicaciones graves a futuro.

Índice de Términos – Diabetes Mellitus Tipo 1, Diagnostico, Sistemas Expertos, Sintomatología y Tratamiento, Diabetes Mellitus Tipo 2.

Abstract - The objective of this project is to provide a rapid diagnosis of Type 1 and Type 2 Diabetes Mellitus, based on the symptoms that a person presents. For this we have studied the entire process that a doctor follows when making an assessment of the patient, in addition to complementing this entire research process, an exhaustive search of related works and articles that served as a basis for the construction of the knowledge base was carried out, the same that together with the experience and knowledge from the specialist (family doctor) will get us to know beyond the symptoms and the behavior of the disease itself. On the other hand, the development of the system was carried out in prologue through stages, in the first stage we define rules that we will use to diagnose the type of diabetes that a person suffers, in the second stage we determine the knowledge base, practically they are the facts that will determine If there is a relationship

between the facts and the symptoms of the person, the third stage is similar to the second with the difference that this diagnosis will be made by a doctor, that is, the doctor will be the one who participates relating the clinical evaluations with the facts of the system, in the fourth stage it will be determined if the person to be evaluated is a person or the person responsible for carrying out this evaluation is a doctor and in the last and fifth stage the questions that will determine if a person has diabetes or simply are printed on the console It is an unknown diagnosis. This prototype was originally made to speed up the process of diabetic evaluation for a person with early diabetes and based on this make a decision and prevent serious complications from occurring in the future.

I. INTRODUCCION

En la actualidad la diabetes mellitus es considerada como una de las enfermedades crónicas más frecuente en todo el mundo, se estima que, a nivel mundial, el 11,3% de las muertes se deben a la diabetes y casi la mitad de estas muertes son en personas menores de 60 años. Casi el 80% de las muertes por esta enfermedad se produce en países de ingresos bajos o medios[1]. Se ha detectado que la diabetes se presenta en diferentes formas: Tipo 1, Tipo 2, Gestional, entre otras variantes. Hoy en día existen diversas tecnologías que apuntan en gran medida a prevenir este tipo de problema y uno de ellas se denomina “Sistema Experto”, este sistema está basado en el conocimiento que, mediante el buen diseño de su base de información y un adecuado motor de inferencias para manipular dichos datos proporciona una manera de determinar resoluciones finales dados ciertos criterios. Un sistema experto de cómputo es el encargado de tomar decisiones altamente especializadas con base en los conocimientos de expertos sobre un área en particular, por lo que los datos son almacenados de forma estructurada para su recuperación. Además de la capacidad de ofrecer soluciones sobre algún problema, incluye la explicación del porque se llegó a determinadas medidas[2]. Es por ello, que hoy en la actualidad se necesita uno de estos sistemas que permita detectar a tiempo el avance de la diabetes en los pacientes y emitir un tratamiento adecuado con la supervisión constante de un médico, por lo que a través de un modelo de gestión de salud orientado al uso de tecnología será de gran beneficio en la atención y prevención de esta enfermedad.

II. MARCO TEÓRICO

A. Diabetes

Según la OMS, la diabetes mellitus (DM) es una enfermedad crónica en la cual se produce cuando el cuerpo, específicamente el páncreas, no produce suficiente insulina, causando que los niveles de glucosa en la sangre se acumulen. El déficit de insulina, si no se controla a largo plazo, puede causar daño a muchos de los órganos del cuerpo, lo que lleva a complicaciones de salud incapacitantes y potencialmente mortales, como enfermedades cardiovasculares (ECV), daño nervioso (neuropatía), daño renal (nefropatía) y enfermedad ocular (que conduce a retinopatía, pérdida visual e incluso ceguera)[3]. Sin embargo, para evitar estos riesgos es necesario incluir varias acciones que mejoren nuestra calidad de vida, tales como la elección de alimentos saludables, actividad física, control del azúcar en la sangre y la ingesta de medicamentos adecuados según lo prescrito por el médico.

B. Clasificación de la Diabetes

La diabetes se puede clasificar en las siguientes categorías:

- Diabetes tipo 1 (DM1): Es una enfermedad que causa la destrucción células productoras de insulina por parte del sistema inmunitario y generalmente conduce a una deficiencia absoluta de insulina. Por lo general la DM1 se presentan en niños y jóvenes[4].
- Diabetes tipo 2 (DM2): Se produce debido a una pérdida progresiva de la secreción de insulina de células beta con frecuencia en el contexto de la resistencia a la insulina[5].
- Diabetes mellitus gestacional (DMG): La diabetes gestacional es una condición en la cual el nivel de la glucosa es elevado y otros síntomas de la diabetes aparecen durante el embarazo en una mujer que no ha sido diagnosticada con diabetes previamente. Todos los síntomas de la diabetes desaparecen después del parto. El diagnóstico de diabetes gestacional se debe hacer a través de la tolerancia a la glucosa oral y los resultados se interpretan de acuerdo a los criterios internacionales[6]

C. Diabetes Mellitus Tipo 1 (DM1)

La diabetes tipo 1, anteriormente conocida como «diabetes juvenil» o «diabetes insulín dependiente», es un trastorno crónico en el cual el páncreas produce muy poca insulina o directamente no la produce[7]. Es una enfermedad crónica que origina la destrucción parcial o total, de las células beta, con la consiguiente incapacidad para producir insulina. Esta destrucción puede llevar meses o años, pero la enfermedad se presenta clínicamente cuando queda un 10% o 20% de tejido indemne[8]. Varios factores pueden contribuir a la diabetes tipo 1, como la genética y ciertos virus. Si bien la diabetes tipo 1, por lo general, aparece durante la infancia o la adolescencia, la mayor incidencia ocurre durante la pubertad, entre los 10 y

los 12 años de edad en las niñas, y entre los 12 y los 14 años de edad en los niños, en algunos casos raramente también puede comenzar en la edad adulta. Los síntomas de la diabetes de tipo 1 pueden parecerse a los de la gripe en los niños[6]. Las complicaciones crónicas de la diabetes tipo 1 pueden dividirse en microangiopáticas, que incluyen: nefropatía, retinopatía y neuropatía; y macroangiopáticas, las cuales son la afectación coronaria, cerebrovascular y vascular periférica. La complicación microvascular o macrovascular es rara en el niño e incluso en el adolescente con larga evolución de la enfermedad; pero, es precisamente en estas edades cuando empieza a instaurarse, por lo que es de gran importancia reconocerla; las primeras fases pueden detectarse de dos a cinco años después del diagnóstico de diabetes tipo 1[9]. Hasta el momento, no existe una cura para la diabetes. Por lo tanto, las personas diagnosticadas con diabetes tipo 1 necesitarán centrarse en controlar los niveles de azúcar en la sangre con insulina y mediante la dieta y el estilo de vida para prevenir complicaciones[7].

D. Sintomatología de la DM1

Los signos y síntomas de la diabetes tipo 1 pueden aparecer de forma relativamente repentina y comprender lo siguiente[7]:

- Aumento de la sed
- Necesidad de orinar a menudo
- Incontinencia urinaria en niños que anteriormente no mojaban la cama durante la noche
- Hambre extrema
- Adelgazamiento no intencional
- Irritabilidad y otros cambios de humor
- Fatiga y debilidad
- Visión borrosa

Según los criterios de la Asociación Americana de Diabetes y de la Organización Mundial de la Salud, el diagnóstico médico puede llevarse a cabo en las tres situaciones siguientes:

- Prueba de hemoglobina glicosilada (A1C) $\geq 6,5$ en dos análisis separados significa que tienes diabetes.
- Presencia de síntomas clínicos y glucemia plasmática ≥ 200 mg/dL (11.1 mmol/L), independientemente de la hora de extracción en relación con las comidas.
- Glucemia plasmática en ayunas ≥ 126 mg/dL (7.0 mmol/L).

Cada una de las tres situaciones es suficiente para hacer el diagnóstico de diabetes. Un resultado anormal debe confirmarse con la repetición de la medición en dos ocasiones en dos días diferentes[7][9].

E. Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2)

Este tipo de Diabetes representa el 90-95% de las personas con diabetes. Inicialmente, y en ocasiones a lo largo de toda la vida, estas personas no necesitan tratamiento con insulina para sobrevivir. La mayoría de los pacientes con esta forma de

diabetes son obesos y por la misma obesidad pueden tener insulinoresistencia. Pacientes que no son obesos, por los tradicionales criterios de peso, pueden tener un aumento de distribución de la grasa abdominal[10]. La cetoacidosis diabética (CAD) es rara y cuando ocurre suele estar asociada con el estrés de otra enfermedad o infección. Esta forma de diabetes, pasa con frecuencia sin diagnosticar durante varios años porque la hiperglucemia se desarrolla gradualmente no presentando los síntomas clásicos de la diabetes. Estos pacientes, no obstante, tienen un riesgo aumentado de desarrollar complicaciones micro o macrovasculares. Pueden tener sus cifras de insulina normales o elevadas debidas a un defecto en la acción de la insulina o la aparición de una insulinoresistencia que puede mejorar con la disminución del peso o con tratamiento farmacológico[11]. El riesgo de desarrollar esta forma de diabetes aumenta con la edad, con la disminución de la actividad física y con el aumento de peso. Ocurre más frecuentemente en mujeres con antecedentes de diabetes gestacional o en personas con antecedentes de hipertensión o hiperlipidemia, estando a menudo asociada a una fuerte predisposición genética, mayor que en la DM1 autoinmune[12].

F. Sintomatología de la DM2

Con frecuencia, los signos y síntomas de la diabetes de tipo 2 se desarrollan lentamente. De hecho, una persona puede tener diabetes de tipo 2 durante años, sin saberlo. Prestemos atención a los siguientes síntomas:

- Aumento de la sed
- Necesidad de orinar a menudo
- Aumento del apetito
- Pérdida de peso involuntaria
- Fatiga
- Visión borrosa
- Llagas que tardan en sanar
- Infecciones frecuentes
- Zonas de piel oscurecida, habitualmente en las axilas y el cuello

Para determinar si una persona tiene DM2, se emplea un diagnostico medico parecido al de la DM1, sin embargo, la Asociación Americana de Diabetes y de la Organización Mundial de la Salud recalcan los siguientes diagnósticos[13]:

- Prueba de hemoglobina glicosilada (A1C) $\geq 6,5$ en dos análisis separados significa que tienes diabetes.
- Nivel de azúcar en sangre ≥ 200 mg/dl (11,1 mmol/l) indica probabilidad de diabetes, especialmente si también se tiene signos y síntomas relacionados a la diabetes, como orinar frecuentemente y sed extrema.
- Examen de azúcar en la sangre en ayunas ≥ 126 mg/dl (7 mmol/l) en dos análisis distintos, tienes diabetes.

Al compararlo con reiterados análisis diarios del nivel de azúcar en sangre, la prueba de A1C indica mejor el grado de eficacia del tratamiento de la diabetes. Un nivel de A1C alto

puede indicar la necesidad de cambiar el régimen de insulina, el plan de comidas o ambos[11].

G. Factores de Riesgo.

Estos son algunos factores que, sumados pueden aumentar la probabilidad de contraer Diabetes[14].

No Modificables

- Edad: La DM2 prevalece en la edad adulta, siendo mayor en la tercera edad, mientras que la DM1 puede aparecer a cualquier edad, aparece en dos momentos críticos. El primer momento crítico se da en niños de entre 4 y 7 años y el segundo, en niños de entre 10 y 14 años[7].
- Raza/etnia: El riesgo de desarrollar DM2 es menor en individuos de raza caucásica que en hispanos, asiáticos, negros y grupos nativos americanos (indios, Alaska, hawaianos, etc.) que además presentan una evolución más rápida a diabetes.
- Antecedente de DM2 en familiar de 1er grado: Los individuos con padre o madre con DM2 tienen entre 2-3 veces (5-6 veces si ambos padres presentan la condición) mayor riesgo de desarrollar la enfermedad. Así mismo cualquier persona con un padre, una madre, un hermano o hermana con diabetes tipo 1 tiene un riesgo levemente mayor de padecer la enfermedad[7].
- Antecedente de diabetes mellitus gestacional (DMG): Un metanálisis de 20 estudios informó que las mujeres con antecedentes de DMG tenían alrededor de 7,5 veces mayor riesgo de DM2 en comparación con las mujeres sin la condición.
- Síndrome ovario poliquístico (SOP): En Estados Unidos hasta un 40 % de las mujeres con SOP tiene alterada su regulación de la glucosa a los 40 años y un metanálisis reveló aproximadamente 3 veces mayor riesgo de DM gestacional en las mujeres con SOP.

Modificables

- Obesidad y Sobrepeso: La obesidad (IMC ≥ 30 kg/m²) y sobrepeso (IMC de 25-30 kg/m²) aumentan el riesgo de ITG y DM2 en todas las edades. Actúan induciendo resistencia a la acción de la insulina. Más del 80% de los casos de DM2 se pueden atribuir a la obesidad y su reversión también disminuye el riesgo y mejora el control glucémico en pacientes con diabetes establecida.
- Sedentarismo: Un estilo de vida sedentario reduce el gasto de energía y promueve el aumento de peso, lo que eleva el riesgo de DM2. Entre las conductas sedentarias, el ver la televisión mucho tiempo, la inactividad física, aumentan el riesgo de padecer diabetes tipo 2.
- Tabaquismo: Dejar de fumar puede reducir el riesgo de contraer diabetes tipo 2, el beneficio es evidente

cinco años después del abandono, equiparándose al de los que nunca fumaron después de 20 años sin fumar.

- Patrones dietéticos: La dieta puede influir en el desarrollo de DM2 al afectar al peso corporal. Una dieta caracterizada por un alto consumo de carnes rojas o precocinadas, productos lácteos altos en grasa, refrescos azucarados, dulces y postres se asocia con un mayor riesgo de DM2 independientemente del IMC, actividad física, edad o antecedentes familiares de DM2. En contraste, aquellos que siguen una dieta caracterizada por verduras, frutas, pescado, aves y cereales integrales, tienen una modesta reducción del riesgo.
- Trastornos de regulación de la glucosa: también llamados prediabetes o estados intermedios de hiperglucemia, incluyen glucemia basal alterada (GBA), ITG y elevación de la HbA1C.
- Condicionantes clínicos asociados a mayor riesgo de DM2: Los pacientes con enfermedad coronaria, insuficiencia cardíaca avanzada y/o con enfermedad vascular tienen mayor riesgo de desarrollar diabetes. La HTA, la dislipemia con triglicéridos elevados y/o colesterol-HDL reducido también se asocian con mayor riesgo de DM2.

H. Tratamiento No Farmacológico

Las medidas higiénico-dietéticas deberían ser utilizadas en todos los pacientes con DM2. Estas medidas incluyen [6]:

- Pérdida de peso si existe sobrepeso u obesidad.
- Ejercicio físico, que en principio debe ser aeróbico, con una actividad mínima de 30 minutos, cuatro o cinco veces por semana.
- Alimentación pobre en sal y rica en frutas y verduras.
- Reducción de grasas saturadas.
- Aumento de los ácidos grasos insaturados (AGI).
- Abandono del tabaco.
- Reducción de la ingesta de alcohol (máximo 3 U/día).

Y en aquellos pacientes diagnosticados con DM1 comprende las siguientes recomendaciones:

- Tomar Insulina
- Realizar un recuento de hidratos de carbono, grasa y proteínas.
- Controlar con frecuencia el azúcar en la sangre
- Consumir alimentos saludables.
- Hacer ejercicio en forma regular y mantener un peso saludable.

I. Tratamiento Farmacológico

La elección del tratamiento farmacológico se basa en la capacidad de disminuir tasa de mortalidad, los eventos cardiovasculares y la progresión de la enfermedad[14]. Para ello se dispone de algunos fármacos como: inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA), antagonistas de

los receptores de la angiotensina II (ARA II), tiazidas y/o antagonistas del calcio dihidropiridínicos, insulinas, metformina, etc[15][7].

J. Complicaciones de la Diabetes

- Problemas con la visión: Entre ellos se encuentran la retinopatía, cataratas, edema macular, glaucoma, etc. En los peores de los casos si no se trata a tiempo este problema, puede ocasionar la pérdida de la visión (ceguera). Generalmente son pocos los síntomas que se presentan cuando la visión se empieza a deteriorar[7][11].
- Daño o Insuficiencia Renal (IR): Cuando no se controlan los niveles de azúcar en la sangre y la presión sanguínea se produce la nefropatía diabética, esta condición afecta principalmente al riñón, provocando que las proteínas se derramen dentro de la orina, en algunos casos la nefropatía diabética sin controlar se complica generando la consecuente etapa crónica denominada insuficiencia renal[7][11].
- Enfermedades Cardiovasculares: Esta es la enfermedad más frecuente en pacientes diabéticos, por lo general los accidentes cardiovasculares (ACV) se deben a la obstrucción de las arterias provocando síntomas como dolor en el pecho y problemas relacionados con la circulación de la sangre. Para disminuir los riesgos de padecer un posible ataque cardíaco, es necesario acudir constantemente al médico y seguir las indicaciones del mismo[7][11].
- Daño en el Sistema Nervioso: En un paciente diabético, se puede producir un daño severo en los vasos sanguíneos y por ende afectar a todo el sistema nervioso, tal daño se denomina neuropatía diabética, los síntomas incluyen náuseas, vómitos, debilidad muscular, etc. Regularmente esta complicación se la puede controlar mediante un buen control glucémico[7][11].

III. TRABAJOS RELACIONADOS

Se detalla la síntesis de información en base a los trabajos seleccionados, dichos estudios permitan conocer que soluciones se han implementado en los últimos 5 años, la información que se obtuvo en los estudios seleccionados se encuentra detallada a continuación.

Según Richard Santos[16], el principal 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, esta 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 a causa de esta enfermedad.

Según Viridiana Cruz y Abraham Sánchez[17], propone en este artículo un Sistema Experto Difuso para diagnóstico de diabetes mellitus usando la librería jFuzzyLogic, que ofrece la implementación de inferencia difusa y el API de Java para Servicios Web XML (JAX-WS). También describe el diseño de la base del conocimiento mediante técnicas de Ingeniería del Conocimiento e Inteligencia Artificial. El conocimiento plasmado contiene la información y experiencia de un especialista en medicina familiar del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Con el procesamiento y uso de este conocimiento es posible diagnosticar distintos tipos de diabetes, tomando como base a los síntomas del paciente. Según Ramiro Meza, Alberto Lasserre, Enrique Bogarin, Carlos Rodríguez, Rubén Gómez y Magno Huerta[18], el objetivo de su estudio fue desarrollar un Sistema Experto Difuso (SED) que ayude a los médicos a evaluar el control metabólico en pacientes con Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2). En esta investigación, se realizaron pruebas de normalidad a 90 datos en dos variables, posteriormente a los datos se les aplicaron intervalos de confianza (IC) para la media. En los resultados se emplearon 60 pruebas con la experiencia de los médicos, los resultados fueron comparados con los obtenidos por el SED; se observa que el SED acierta en el 93.33% de los casos. La metodología de superficie de respuesta advierte que los factores Edad, IMC y Estrés psicológico tienen más impacto en el estudio. El control metabólico en pacientes con DM2 es una tarea complicada para los médicos porque es afectado por múltiples factores de riesgo, por esta razón, es fácil caer en tratamientos erróneos. Este problema incluye incertidumbre, por lo tanto, un SED es ideal para hacerle frente.

Según Maritza Quisbert[2], el principal objetivo de esta investigación es proporcionar un diagnóstico confiable de las posibilidades de tener la enfermedad coronaria en base a factores de riesgo y síntomas presentes en una persona. Partimos del hecho de que no existe un sistema que proporcione el conocimiento necesario para diagnosticar posibilidades de riesgo; es así, que se estudia el procesamiento que sigue para hacer este diagnóstico basado en la experiencia del especialista cardiólogo, y encontramos que la técnica más adecuada para representar esta situación es la lógica difusa. Con la adopción del método científico y de construcción de sistemas expertos, además, lenguaje de programación SWI-PROLOG, se llega a concluir el sistema. Por lo tanto, esta investigación muestra los alcances de la tecnología informática para el análisis y detección de enfermedades, donde se toma en cuenta los síntomas, este se apoya en factores de riesgo como la diabetes y el hábito de fumar que si cualquier persona tiene estos dos factores riesgo puede sufrir un infarto.

IV. METODOLOGÍA

A. Obtención de la Información

En esta fase se procede a realizar una investigación por parte del ingeniero del conocimiento quien establece la búsqueda de un experto humano que pueda colaborar con la estructuración del sistema experto, mediante los conocimientos, estudios y experiencia que posee, en nuestro caso necesitaremos un médico especializado en el área de la medicina familiar.

1) Componentes del Sistema Experto Propuesto

- El experto humano: Se contará con la colaboración de un Médico Familiar, mismo que nos ayudará a suministrar toda aquella información y conocimiento asociado al diagnóstico de la Diabetes Mellitus tipo 1 y 2.
- El Ingeniero del Conocimiento: Sera el encargado de plantear las preguntas al experto y a su vez toda aquella información relevante será estructurada e implementada en el sistema experto.
- El Usuario final: Será aquella persona que desee aportar sus deseos e ideas al sistema experto y de igual manera contribuir al testeado del mismo.

Además, complementaremos el conocimiento del experto mediante la búsqueda de artículos relacionados sobre la enfermedad de la DM1/DM2 y el proceso que se requiere para su diagnóstico.

B. Creación de la Base de Conocimiento

Toda aquella información suministrada por parte del médico y a su vez complementada con la investigación y búsqueda de artículos por parte del ingeniero del conocimiento, servirán como base para la formulación de las reglas, en donde estarán expresadas como proposiciones condicionales con una o más afirmaciones objeto-valor conectadas mediante los operadores lógicos y, o, o no. Las reglas normalmente se escriben de la siguiente forma: SI (Premisa) ENTONCES (Conclusión).

C. Motor de Inferencia

En este proceso el motor de inferencia usara los hechos y el conjunto de reglas almacenados en la base de conocimiento para así obtener nuevas conclusiones o hechos. Por ejemplo, si la premisa de una regla es cierta, entonces la conclusión de la regla debe ser también cierta.

D. Resultados

Los resultados dependerán mucho de las preguntas que el usuario haya contestado, es decir que el usuario deberá cumplir con todos los hechos(síntomas) que determine esa regla, de esta manera se le proporcionara un diagnóstico correcto al usuario, caso contrario el diagnóstico emitido es desconocido.

V. DESARROLLO

Ya que hayamos obtenido toda la base de conocimiento y desarrollado las reglas, pasaremos a la siguiente fase que es la construcción e implementación del sistema experto, para ello usaremos el entorno prolog, cabe mencionar que este proyecto ha tomado como base el siguiente ejemplo [Swish Examples](#). El proyecto completo se encuentra disponible mediante este enlace de Google Drive [Proyecto](#).

A. Primera Etapa

Como podemos observar, la regla “diagnosticar” nos permite dar inicio a la ejecución del programa. Internamente de esta regla existe otra regla denominada “diabetes”, la misma permite que se ejecuten las bases de conocimiento relacionadas a los tipos de diabetes 1 y 2, para su posterior diagnostico hemos tomado en cuenta tanto al paciente como al médico.

Tabla I. Reglas Diabetes Tipo 1 y 2

```
diagnosticar:-
diabetes(Enfermedad),
write('El diagnostico puede ser: '), write(Enfermedad),
nl,
write('Muchas Gracias! Vuelva Pronto.'),
desahacer.

%Reglas
%Tipos de Diabetes 1 y 2
diabetes(diabetes_tipo_1_paciente) :- diabetes_tipo_1_paciente.
diabetes(diabetes_tipo_2_paciente) :- diabetes_tipo_2_paciente.
diabetes(diabetes_tipo_1_medico) :- diabetes_tipo_1_medico.
diabetes(diabetes_tipo_2_medico) :- diabetes_tipo_2_medico.
diabetes(desconocido).
```

B. Segunda Etapa

En esta etapa del código existen dos reglas que determinaran si el paciente tiene diabetes tipo 1 o tipo 2, cabe mencionar que el paciente que va a utilizar el sistema, debe cumplir con todos los hechos(síntomas) que determine esa regla y solo así se le proporcionara un diagnostico al paciente, caso contrario el paciente puede tener un diagnostico desconocido, además una vez que el sistema haya encontrado el diagnóstico correcto, al paciente se le proporcionara sugerencias de cómo ayudar a controlar el ritmo de su diabetes.

Tabla II. Base de Conocimiento

```
%Base de conocimiento
diabetes_tipo_1_paciente :- auth_paciente('paciente'), auth_paciente('menor de edad'),
verificar_paciente('niveles altos de glucosa en la sangre'),
verificar_paciente('niveles altos de glucosa en la orina'),
verificar_paciente('poca sed'),
verificar_paciente('orina frecuentemente'),
verificar_paciente('hambre extrema y poco peso corporal'),
verificar_paciente('vision borrosa'),
verificar_paciente('nausea y vomito'),
verificar_paciente('cansancio'),
verificar_paciente('irritabilidad y cambios de animo'),

write('Consejos para controlar la diabetes mellitus tipo 1 :'),
nl,
write('1: Realice un recuento de hidratos de carbono, grasa y proteínas.'),
nl,
write('2: Controle muy de cerca el azucar en la sangre.'),
nl,
write('3: Consuma alimentos saludables.'),
nl,
write('4: Haga ejercicio de forma regular y mantenga un peso saludable.'),
nl,nl.

diabetes_tipo_2_paciente :- auth_paciente('paciente'), auth_paciente('mayor de edad'),
verificar_paciente('infecciones frecuentes que no se curan fácilmente'),
verificar_paciente('piel reseca con comezon'),
verificar_paciente('hormigueo o pérdida de sensibilidad en las manos o en los pies'),
verificar_paciente('zonas de piel oscura, habitualmente en las axilas y el cuello'),
verificar_paciente('niveles altos de glucosa en la sangre'),
verificar_paciente('niveles altos de glucosa en la orina'),
verificar_paciente('poca sed'),
verificar_paciente('orina frecuentemente'),
verificar_paciente('hambre extrema y poco peso corporal'),
verificar_paciente('vision borrosa'),
verificar_paciente('nausea y vomito'),
verificar_paciente('cansancio'),
verificar_paciente('irritabilidad y cambios de animo'),
```

C. Tercera Etapa

Esta etapa es muy parecida a la segunda, con la diferencia de que este diagnóstico lo va a realizar un médico, es decir el medico responderá a preguntas mucho más complejas, que una persona normal no lo podría hacer, así mismo si cumple con todos los hechos de esa regla se le proporcionara el diagnóstico del paciente al médico, caso contrario el paciente puede tener un diagnostico desconocido, además una vez que el sistema haya encontrado el diagnóstico correcto, al médico se le proporcionara la información de algunos medicamentos que puedan ayudar de una u otra forma a controlar el ritmo de la diabetes de su paciente.

Tabla III. Base de Conocimiento

```
diabetes_tipo_1_medico :- auth_medico('medico'),
verificar_medico('presencia de anticuerpos en analisis de sangre'),
verificar_medico('presencia de cetonas en analisis de sangre y orina'),
verificar_medico('examen de hemoglobina glicosilada (A1C) es >= a 6,5'),
verificar_medico('examen de glucemia plasmatica es >= a 200mg/dl'),
verificar_medico('examen de glucemia plasmatica en ayunas es >= a 126mg/dl'),

write('Medicamentos para controlar la glucemia en pacientes diagnosticados con diabetes mellitus tipo 1:'),
nl,
write('1: Insulina de accion breve, rapida, intermedia, prolongada.'),
nl,
write('2: Inhibidores de la enzima convertidora de la angiotensina o bloqueadores de los receptores de angiotensina II'),
nl,
write('3: Aspirinas.'),
nl,nl.

diabetes_tipo_2_medico :- auth_medico('medico'),
verificar_medico('examen de hemoglobina glicosilada (A1C) es >= a 6,5'),
verificar_medico('examen de glucemia plasmatica es >= a 200mg/dl'),
verificar_medico('examen de glucemia plasmatica en ayunas es >= a 126mg/dl'),

write('Medicamentos para controlar la glucemia en pacientes diagnosticados con diabetes mellitus tipo 2:'),
nl,
write('1: Metformina (Glucophage, Glumetza, otros)'),
nl,
write('2: Sulfonilureas.'),
nl,
write('3: Meglitinidas.'),
nl,
write('4: Tiazolidinadionas.'),
nl,
write('5: Inhibidores de la DPP-4.'),
nl,
write('6: Agonistas del receptor de la GLP-1.'),
nl,
write('7: Inhibidores de la SGLT2.'),
nl,
write('8: Insulina'),
nl,nl.
```

D. Cuarta Etapa

Esta es la etapa en la cual se determina si la persona a evaluar es un paciente o el responsable de llevar a cabo esta evaluación es un médico, según la respuesta se presentarán las preguntas correspondientes a la persona que esté utilizando el sistema.

Tabla IV. Paciente o Medico

```
es_paciente(Pregunta) :-
write('Es usted '),
write(Pregunta),
write('? '),
nl,
read(Respuesta),
nl,
((Respuesta == si)->assert(si(Pregunta)) ;assert(no(Pregunta)), fail).

:- dynamic si/1,no/1.

auth_paciente(S) :-
(si(S)->true ; (no(S)->fail ; es_paciente(S))).

es_medico(Pregunta) :-
write('Es usted '),
write(Pregunta),
write('? '),
nl,
read(Respuesta),
nl,
((Respuesta == si)->assert(si(Pregunta)) ;assert(no(Pregunta)), fail).

:- dynamic si/1,no/1.

auth_medico(S) :-
(si(S)->true ; (no(S)->fail ; es_medico(S))).
```

E. Quinta Etapa

En esta última etapa del código se muestra las preguntas que se van a mostrar en la consola, las preguntas serán variadas de acuerdo a la persona que esté a cargo y uso del sistema experto.

Tabla V. Preguntas

```
preguntar_paciente(Pregunta) :-
write('Usted tiene los siguientes sintomas: '),
write(Pregunta),
write('? '),
nl,
read(Respuesta),
nl,
((Respuesta == si)->assert(si(Pregunta)) ;assert(no(Pregunta)), fail).

:- dynamic si/1,no/1.

verificar_paciente(S) :-
(si(S)->true ; (no(S)->fail ; preguntar_paciente(S))).

preguntar_medico(Pregunta) :-
write('El paciente tiene las siguientes valoraciones: '),
write(Pregunta),
write('? '),
nl,
read(Respuesta),
nl,
((Respuesta == si)->assert(si(Pregunta)) ;assert(no(Pregunta)), fail).

:- dynamic si/1,no/1.

verificar_medico(S) :-
(si(S)->true ; (no(S)->fail ; preguntar_medico(S))).

deshacer :- retract(si(_)),fail.
deshacer :- retract(no(_)),fail.
deshacer.
```

VI. RESULTADOS

Para poder ejecutar el sistema experto se debe llamar a la regla “diagnosticar.” Cada pregunta que se presente en consola solo se podrá responder con un “sí.” o un “no.” A partir de aquí, las preguntas y el resultado irán cambiando de acuerdo a lo que la persona vaya contestando. Recordemos que el diagnostico nos puede arrojar que el paciente puede tener diabetes tipo 1 o tipo 2, o en algunos casos cuando no se cumple con solo una pregunta, este nos arrojará un diagnostico desconocido.

Tabla VI. Preguntas Consola

```
?- diagnosticar.
Es usted paciente?
|: si.

Es usted menor de edad?
|: si.

Usted tiene los siguientes sintomas: niveles altos de glucosa en la sangre?
|: si.

Usted tiene los siguientes sintomas: niveles altos de glucosa en la orina?
|: si.

Usted tiene los siguientes sintomas: poca sed?
|: si.

Usted tiene los siguientes sintomas: orina frecuentemente?
|: si.

Usted tiene los siguientes sintomas: hambre extrema y poco peso corporal?
|: si.

Usted tiene los siguientes sintomas: vision borrosa?
|: si.
```

Una vez que el sistema haya detectado el diagnostico correcto, el mismo proporcionara unas sugerencias o hasta incluso emitir informacion sobre medicamentos que ayuden al paciente a controlar los niveles de glucosa en la sangre dependiendo siempre y cuando del tipo de diabetes.

Consejos para controlar la diabetes mellitus tipo 1 :

- 1: Realice un recuento de hidratos de carbono, grasa y proteínas.
- 2: Controle muy de cerca el azucar en la sangre.
- 3: Consuma alimentos saludables,
- 4: Haga ejercicio de forma regular y mantenga un peso saludable.

El diagnostico puede ser: diabetes_tipo_1_paciente
Muchas Gracias! Vuelva Pronto.

true .

VII. CONCLUSIONES

El prototipo brinda al usuario un diagnóstico rápido y práctico emitiendo un tratamiento si es el caso que se haya encontrado un diagnóstico de Diabetes y cuando mencionamos tratamiento, no solo es el enfoque puramente farmacológico ya que el tratamiento de esta enfermedad es multidisciplinario y contempla las aéreas de nutrición y el estilo de vida del paciente, con dichas medidas evitaremos que el paciente tenga más complicaciones a futuro.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar otras investigaciones en el área de la salud que amplíen los dominios de conocimiento, y a su vez sea de gran ayuda a la comunidad lojana en general.

IX. AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente al experto Dr. Alvaro Quinche, quien con toda la disposición del mundo supo ayudarme a conocer un poco mas del proceso de evaluación de la diabetes, así mismo quiero agradecer al Ing. Oscar Cumbicus por estar siempre presente en el desarrollo de este proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Williams, *IDF DIABETES ATLAS Ninth edition 2019*. 2019.
- [2] M. Quisbert, “SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO DE LA ENFERMEDAD CORONARIA (ISQUEMIA),” UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES, 2013.
- [3] O. M. de la Salud, “Diabetes,” *OMS*, 2018.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes> (accessed Feb. 05, 2020).
- [4] Y. Villarreal, Y. Briceño, and M. Paoli, “DIABETES MELLITUS TIPO 1: CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS Y DEMOGRÁFICAS EN PACIENTES DEL SERVICIO DE ENDOCRINOLOGÍA DEL INSTITUTO AUTÓNOMO HOSPITAL UNIVERSITARIO DE LOS ANDES, MÉRIDA, VENEZUELA,” Venezuela, 2015.
- [5] N. Freinkel, “Standards of Medical Care in Diabetes-2019,” *Am. DIABETES Assoc.*, vol. 42, p. 204, 2019, doi: <https://doi.org/10.2337/dc19-SINT01>.
- [6] F. Ramírez, A. Rebolledo, J. Domingo, A. Núm, and C. Unidad, “Diabetes mellitus y sus complicaciones,” 2006. Accessed: Aug. 20, 2020. [Online]. Available: www.medigraphic.com/web/www.plasticidadcerebral.com.
- [7] M. Clinic, “Diabetes tipo 1,” 2017. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/type-1-diabetes/symptoms-causes/syc-20353011>.
- [8] M. Ferraro, O. Ramos, and I. Strasnoy, “Diabetes Diabetes mellitus tipo 1,” Buenos Aires, 2013.
- [9] J. Hayes, “ACTUALIZACION Diabetes mellitus tipo 1 Type 1 diabetes mellitus,” Jun. 2008. Accessed: Aug. 20, 2020. [Online]. Available: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-

- 06752008000200006.
- [10] L. A. Barracan and E. J. Caliz, "Validación y Seguimiento a la Guía Práctica de Autocuidado para el Paciente con Diabetes Mellitus Tipo II, UEB- Hospital Alfredo Noboa Montenegro Periodo Octubre 2017 Marzo 2018," pp. 1–117, 2018, doi: 10.1093/imamci/dnt037.
 - [11] M. Clinic, "Diabetes de tipo 2," 2019.
<https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/type-2-diabetes/symptoms-causes/syc-20351193>.
 - [12] D. G. de O. de las P. S. C. de S. y S. S. del P. de Asturias, "Guía de Recomendaciones Clínicas Diabetes," *Diabetes*, p. 61.
 - [13] A. B. García, "Actualización breve en diabetes para médicos de atención primaria," 2017. Accessed: Aug. 20, 2020. [Online]. Available:
http://scielo.isciii.es/pdf/sanipe/v19n2/es_04_revision.pdf.
 - [14] Fundación redGDPS, *Guía de diabetes tipo 2 para clínicos: Recomendaciones de la redGDPS*. 2018.
 - [15] Ministerio de salud - Presidencia de la Nación, "Guía de Práctica Clínica Nacional sobre Prevención, Diagnóstico y Tratamiento de la TIPO 2 MELLITUS DIABETES," *"Estrategia Nac. Prevención y Control Enfermedades Crónicas no Transm."*, p. 59, 2012, [Online]. Available:
http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000076cnt-2012-08-02_guia-breve -prevencion-diagnostico-tratamiento-diabetes-mellitus-tipo-2.pdf.
 - [16] R. Santos, "SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE DIABETES TIPO I, TIPO II Y GESTACIONAL," UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES, La paz, 2017.
 - [17] V. Cruz-Gutiérrez and A. Sánchez-López, "Un sistema experto difuso en la Web para diagnóstico de diabetes," Puebla, 2015.
 - [18] M. Ramiro, L. Alberto, B. Enrique, R. Carlos, G. Rubén, and H. Magno, "Sistema experto difuso para el control metabólico en pacientes con diabetes mellitus tipo 2," Jun. 2018. Accessed: Aug. 20, 2020. [Online]. Available:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/au/v28n2/2007-9621-au-28-02-67.pdf>.