

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**



**SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO MEDIANTE REGLAS PARA  
EL DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS EN UN CENTRO  
MÉDICO DE NIVEL I Y II DEL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**AUTOR**

**CARLOS ANDRES BOBADILLA SANCHEZ**

**ASESOR**

**HUILDER JUANITO MERA MONTENEGRO**

<https://orcid.org/0000-0001-6830-5415>

**Chiclayo, 2020**

**SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO MEDIANTE  
REGLAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS  
EN UN CENTRO MÉDICO DE NIVEL I Y II DEL  
DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**

PRESENTADA POR:  
**CARLOS ANDRES BOBADILLA SANCHEZ**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

APROBADA POR:

Hector Miguel Zelada Valdivieso  
PRESIDENTE

Jury Yesenia Aquino Trujillo  
SECRETARIO

Huiler Juanito Mera Montenegro  
VOCAL

**Chiclayo, 2020**

## **Dedicatoria**

A Dios en principio por la vida, las oportunidades y la salud para alcanzar esta meta junto a mi familia.

A mis padres Carmen María Sánchez Rivera y Ricardo Bobadilla Cruz que siempre me apoyaron e incentivaron a seguir adelante y convertirme en profesional.

A mi hija Andrea por ser el motivo que me empuja a ser mejor persona cada día.

## **Agradecimientos**

A toda mi familia que me acompañó y perseveró junto a mí en esta meta de ser profesional.

A mi asesor de tesis el Ing. Huilder Mera, profesores en general, compañeros, amigos y a la USAT por todo el conocimiento brindado y compartido durante toda la carrera universitaria.

# **SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO MEDIANTE REGLAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS EN UN CENTRO MÉDICO DE NIVEL I Y II DEL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE**

*Bobadilla, Sánchez, Carlos, Andrés*

*Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería*

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene como finalidad desarrollar una herramienta tecnológica para mejorar el proceso de atención médica en posibles pacientes con *diabetes mellitus* previamente perfilados en el centro médico de nivel I y II del departamento de Lambayeque, quienes muchas veces necesitan ser referidos a un hospital de mayor nivel para obtener el diagnóstico de un especialista endocrino, referencia que desde que se solicita hasta la fecha en que se programa la cita, da cuenta de un trámite burocrático extenso que demanda mucho tiempo de espera, lo cual impide recibir la atención adecuada y sobre todo de calidad, que es necesaria para este tipo de enfermedades. Con la aplicación de diversos recursos tecnológicos apoyados en la metodología Buchanan, se desarrolló un sistema basado en conocimiento con un motor de inferencia constituido por reglas de conjunción hechas en lenguaje Prolog, que brinda soporte y respaldo al momento de diagnosticar *diabetes mellitus*, por lo que, un paciente es descartado o diagnosticado en un menor tiempo. Las pruebas realizadas arrojaron un resultado de 94.6% de precisión al momento de operar, ya que, se obtuvieron tres falsos negativos de un total de 56 pruebas realizadas. Todo esto fue realizado bajo la supervisión un médico especialista y sus conocimientos, permitiendo realizar diagnósticos confiables y sobre todo oportunos, y, en consecuencia, acceder por parte del paciente a un tratamiento de menor complejidad y bajo costo, beneficiando a todos los usuarios pertenecientes al centro médico.

**Palabras clave:** Sistema basado en conocimiento, diabetes, diagnóstico, experto, reglas, enfermedad no transmisible.

**ABSTRACT**

The present investigation has as specifically to develop a technological tool to improve the medical care process in possible patients with diabetes mellitus previously outlined in the level I and II medical center in the department of Lambayeque, who often need to be referred to a higher level hospital In order to obtain the diagnosis of an endocrine specialist, a reference that, from the time it is requested to the date the appointment is scheduled, accounts for an extensive bureaucratic process that requires a long waiting time, which prevents receiving adequate care and above all quality, which is necessary for this type of disease. With the application of various technological resources supported by the Buchanan methodology, a knowledge-based system was developed with an inference engine made up of conjunction rules made in the Prolog language, which provides support and backrest when diagnosing diabetes mellitus, so that, a patient is discarded or diagnosed in a shorter time. The tests performed yielded a result of 94.6% precision at the time of operation, since three false negatives were obtained from a total of 56 tests performed. All this was carried out under the supervision of a specialist doctor and his knowledge, allowing reliable and above all timely diagnoses to be made, and, consequently, access by the patient to a less complex and low-cost treatment, benefiting all users belonging to the medical center.

**Keywords:** Knowledge-based system, diabetes, diagnosis, expert, rules, non-communicable disease.

## ÍNDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA / MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
	<b>2.1. SISTEMAS EXPERTOS .....</b>	<b>9</b>
	<b>2.2. SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO.....</b>	<b>10</b>
	<b>2.3. EXPERTOS HUMANOS .....</b>	<b>10</b>
	<b>2.4. DIABETES MELLITUS .....</b>	<b>10</b>
	<b>2.5. FACTORES DE RIESGO.....</b>	<b>10</b>
	<b>2.6. METODOLOGÍA BUCHANAN .....</b>	<b>11</b>
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>20</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO N° 01. ESTADÍSTICA DE MÉDICO POR CADA MIL PERSONAS EN CUBA .....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO N° 02. ESTADÍSTICA DE MÉDICO POR CADA MIL PERSONAS EN SUECIA, DINAMARCA, ESPAÑA, ALEMANIA E ITALIA .....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO N° 03. ESTADÍSTICA DE MÉDICO POR CADA MIL PERSONAS EN BRASIL, CHILE, ECUADOR Y COLOMBIA .....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO N° 04. ESTADÍSTICA DE MÉDICO POR CADA MIL PERSONAS EN PERÚ.....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO N° 05. FLUJOGRAMA DE DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS TIPO 01 .....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO N° 06. FLUJOGRAMA DE DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS TIPO 02 .....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO N° 07. FLUJOGRAMA DE DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS TIPO 03 .....</b>	<b>23</b>

<b>ANEXO N° 08. FACTORES DE RIESGO MODIFICABLES Y NO MODIFICABLES .....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO N° 09. RESULTADO DE TEST DE GLUCOSA BASAL CONTROLADO</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO N° 10. RESULTADO DE TEST DE TOLERANCIA A LA GLUCOSA CONTROLADO .....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO N° 11. RESULTADO DE HEMOGLOBINA GLICOSILADA CONTROLADO .....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO N° 12. OPCIÓN DE MULTIVENTANA PARA LAS ANTENCIONES MÉDICAS .....</b>	<b>23</b>
<b>ANEXO N° 13. VISUALIZACIÓN DE REPORTES DE FORMA GRÁFICA .....</b>	<b>24</b>
<b>ANEXO N° 14. CLASE PROLOG Y SU TEST EN JUNIT .....</b>	<b>24</b>

## I. INTRODUCCIÓN

El ingreso de la tecnología al sector salud como parte de su crecimiento, ha permitido acceder y procesar información de manera más eficaz, lo que permite obtener un diagnóstico médico más acertado gracias al manejo de información que permite los sistemas computacionales.

En cuanto a la asistencia médica recibida por la población, el Banco Mundial maneja una proyección estadística global de la cantidad de médicos que existen por cada mil personas, esquema que guarda datos periódicos de evolución desde el año 1960 hasta su última actualización en el año 2018, donde se muestra que Cuba a nivel mundial es el país que maneja el mayor ratio con 8,4 (ver Anexo N° 01), países europeos como Suecia, Dinamarca, España, Alemania e Italia tienen un ratio promedio de 4,0 (ver Anexo N° 02), ya en Sudamérica Brasil, Chile, Ecuador y Colombia se rige un menor ratio promedio, que es, de 2,3 (ver Anexo N° 03), y Perú se encontró entre los países con menor ratio a nivel del continente Americano, con un 1,3 (ver Anexo N° 04) [1]. Sumado a este bajo ratio, los escasos médicos especialistas dentro del ámbito nacional, evita que la población se beneficie de una asistencia

médica de calidad. La endocrinología no es ajena a esta situación, ya que, solo se cuenta con 300 médicos especialistas por 30 millones de personas, es decir 1 endocrinólogo cada 100,000 habitantes, de los cuales, el 80% se encuentra en la ciudad de Lima y los demás están desplegados en todo el territorio peruano [2], siendo estas, las razones principales de que la asistencia a pacientes de diabetes mellitus tenga un alcance parcial, a pesar de los esfuerzos que realiza el Ministerio de Salud.

El 50% de enfermedades en nuestro país están asociadas a las Enfermedades No Transmisibles (ENT), dichas enfermedades no dejan de lado a ningún grupo de edad, por el contrario, está representado de forma heterogéneo por algunos padecimientos, de las cuales, Cuatro están presentes de forma principal, y son: el cáncer, enfermedades respiratorias crónicas, enfermedades cardiovasculares y la diabetes [3].

El nivel crónico al que puede llegar una enfermedad metabólica como lo es la diabetes mellitus es cuando la sangre presenta niveles altos de glucosa (hiperglucemia). Se asocia a la insuficiencia elaboración de insulina, ya sea de forma total o parcial. Existen tres tipos de diabetes: tipo 1, tipo 2 y la diabetes gestacional. Siendo la tipo 2 la

más habitual, con una representación aproximada del 85% a 90% de todas las ocurrencias [4]. Los cuales están relacionados con el sobrepeso, la obesidad, el sedentarismo y malos hábitos nutricionales donde prevalecen las calorías por encima del valor nutricional.

Según el Minsa muestra que, en el Perú, para el año 2018 entre enero y junio, 62 puestos de salud, 95 centros de salud y en 99 hospitales se consignaron 8.098 casos de diabetes. Para el 2017, existieron 15.504 casos en total, siendo las personas mayores de 15 años un 3.3% [5]. Ya de forma particular en el centro médico, en el año 2017 se contabilizó la suma de 155 pacientes con diabetes mellitus, para el año 2018 el centro médico contabilizó un total de 196 y en el año 2019 más de 260.

Ante la realidad antes mostrada, se formula la siguiente pregunta de investigación ¿Es posible automatizar el diagnóstico de *diabetes mellitus* en un centro médico de nivel I y II del departamento de Lambayeque?

Con el fin de determinar el alcance de este trabajo de investigación, se propuso como objetivo general: Implementar un sistema basado en conocimiento mediante reglas que brindará soporte y respaldo al momento de realizar diagnósticos médicos de diabetes

mellitus. Bajo el cumplimiento de los siguientes objetivos específicos:

Analizar parámetros establecidos como estándares locales, normas técnicas del sector salud, estadística del centro de investigación de EsSalud e interpretación de resultados para el diagnóstico médico, perfilar pacientes bien definidos según sus características, determinar las reglas que pueda identificar características claves de la *diabetes mellitus*, desarrollar el sistema basado en conocimiento en base a la metodología Buchanan, y evaluar la precisión en el diagnóstico en *diabetes mellitus* del sistema basado en conocimiento frente a los resultados obtenidos por un médico endocrinólogo (especialista).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA / MARCO TEÓRICO

### 2.1. Sistemas Expertos

De forma general un sistema experto es considerado como tal, ya que, asesoran a diferentes profesionales al brindarles acceso a un cúmulo de conocimientos adquiridos de los mejores especialistas en una o varias materias, y a su vez, lo hace de manera consistente, de una forma objetiva y sobre todo desapasionadamente. Por lo tanto, se va a requerir la intervención de un persona

en la mayoría de los procesos que se presenten, con lo que, se podrá aumentar un conocimiento superior al propio [6].

## 2.2. Sistema Basado en Conocimiento

Una de las líneas más trascendentales de las Ciencias de la Computación es la Inteligencia Artificial (IA) que a su vez contienen a los Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC), este tipo de sistemas se fundamentan en simular las acciones o trabajos que realiza el ser humano al momento de dar solución de un problema, para esto necesita emplear una instrucción declarativa (situaciones y hechos), a su vez también los de control (todo lo concerniente al seguimiento que se la da a una acción) operándose y adaptándose a hegemonías dinámicas y eventuales que no están plenamente descritos [7].

## 2.3. Expertos Humanos

Aquella persona con el grado de experto es todo aquel con un alto nivel de competitividad ya sea en un área o saber específico en cualquiera de las diferentes ramas de estudio, siendo todo este conocimiento aplicado para brindar soluciones a determinadas situaciones. Todo este expertiz es adquirido mediante un periodo extenso de aprendizaje y claramente de experiencia [8].

## 2.4. Diabetes Mellitus

Los trastornos metabólicos más usuales de *diabetes mellitus* corresponden al conjunto de caracteres visibles de la hiperglucemia. Este fenotipo (interacción entre factores ambientales y genética) complejo da como resultado la existencia de diferentes tipos de *diabetes mellitus*. Si se analiza la causa de este mal, la hiperglucemia de puede producir debido a la presencia de factores, tales como, disminución en el uso de glucosa o crecimiento inusual de la producción y la deficiencia de la secreción de insulina [9].

## 2.5. Factores de riesgo

Se tipifican de manera tradicional como factores de riesgo clínicos y metabólicos, lo clínicos tiene que ver por ejemplo con el sedentarismo, obesidad, antecedentes familiares, hipertensión, etc. y los metabólicos con el nivel de glucemia arrojada por un test, la intolerancia al test de la glucosa, niveles elevados de insulina basal, dislipidemia, entre otros. Ya desde el punto de vista de la *diabetes mellitus* y bajo la discusión de varios comités de expertos son clasificados como modificables y no modificables [10], los modificables tiene que ver mucho con el estilo de vida de

las personas, por ejemplo: El sedentarismo, sobrepeso, obesidad, nivel de triglicéridos, estados inflamatorios, etc. y los no modificables tiene que ver con lo que es el ser humano, entre estos tenemos: La edad, el sexo, su raza, su historia genética familiar, entre otros.

## 2.6. Metodología Buchanan

Esta metodología es especial para el desarrollo de un sistema experto, puesto que se basa en el ya conocido ciclo vital en forma de cascada, el cual, se viene aplicando desde los principios de la ingeniería de software, ya que, propone un procedimiento de constate revisión, que implica redefinir las nociones, de las figuras presentadas o en su defecto pulir el producto existente [11].

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación tecnológica aplicada, por el sistema basado en conocimiento que se obtuvo para diagnosticar diabetes mellitus y fue de nivel experimental, ya que se hizo uso del método: Pre-Test y Post-Test [12].

A su vez se determinó aplicar un diseño de investigación preexperimental, ya que, se aplicó a un grupo de pacientes perfilados para diabetes mellitus un diseño de contrastación en base a la

hipótesis y será de pre-test y post-test [13] [14].

X1	X	X2
Medición previa o anticipada de la variable dependiente (Diagnóstico)	Inserción de la variable independiente (Sistema Basado en Conocimiento)	Medición posterior o sucesiva de la variable dependiente (Diagnóstico)

Donde: **X1** = Es la prueba de pre-test.

**X** = implantación del SBC

**X2** = Es la prueba de post-test.

Con el fin de obtener información fidedigna se utilizó los instrumentos y técnicas mostrados en la siguiente tabla (ver TABLA I):

TABLA I  
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Análisis documental	Cuadro computarizado de data	Centro médico de nivel I y II del departamento de Lambayeque.	Verificar estadísticas y normas técnicas locales
Encuesta	Encuestas Tabuladas	Médico General y enfermera encargada de pacientes diabéticos	Evitar información y opiniones irrelevantes a la investigación
Entrevista	Hoja de Entrevista	Médico especialista Endocrino	Extraer información acerca del diagnóstico y su proceso.
Observación	Cronómetro (check list)	Personal del área de Endocrinología	Analizar el proceso por el que pasa el paciente para obtener un diagnóstico.

Al tratarse de un centro médico de EsSalud de nivel I y II, se conoce la población asistencial promedio a esta red que es de 65 personas al mes que necesitan un descarte de *diabetes*

*mellitus*, de cada 5 pacientes dos de estos ya cuentan con tratamiento para *diabetes mellitus* y los otros tres están a la espera de resultados para un diagnóstico preciso.

La muestra se ha obtenido haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{E^2 (N - 1) + Z^2 P Q}$$

Donde: n = Tamaño de la muestra por estimar.

Z = Nivel de confianza o margen de confiabilidad (95%, es decir, Z = 1,96).

N = Tamaño de la población (65).

P = Proporción (intervalo, calculado a partir de los datos de la muestra, en el cual se “confía” que se encuentra la proporción de la población. En este caso P = 0.5).

Q = 1 – P = 0.5.

E = Error de estimación (la máxima diferencia entre la proporción muestral y proporcional que el encargado de esta investigación tiene a bien admitir en función del grado de confianza establecido para la investigación. En este caso E = 0.05 \* 5%).

La muestra de la población estuvo constituida por:

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 65}{0.05^2 (65 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

Que nos da como resultado:

n = 56 individuos

Esta muestra ha permitido conseguir el número de individuos necesarios para obtener los resultados esperados luego de realizar un diagnóstico mediante el sistema basado en conocimiento.

Para el muestreo, se tuvo a bien aplicar una técnica, que es la de muestreo aleatorio simple. Sin dejar de lado la forma aleatoria, la población que se busca deberá padecer quizá:

- Sueño en exceso sin causa aparente.
- Cansancio al realizar ejercicios básicos (fatiga).
- Hormigueo o entumecimiento en manos o pies.
- Sobre peso aparente.
- Aumento del apetito.
- Visión borrosa.
- Úlceras o heridas sin cicatrizar.
- Aumento de la sed y de las ganas de orinar.

Tal y como se explicó, es estadístico el proceso que se siguió para la síntesis de los datos, lo que nos permitió la

evaluación comparativa y evolutiva del alcance de los objetivos de esta investigación, siguiendo las siguientes etapas:

**Primera etapa:** Investigación preparatoria de todas las bases teóricas.

**Segunda etapa:** En esta etapa se trató todo lo concerniente al software.

**Tercera etapa:** Aquí se desarrolló la observación y entrevistas con el especialista endocrino.

**Cuarta etapa:** Implementación del software, con su respaldo metodológico y su normativa correspondiente.

**Quinta etapa:** Esta etapa sirvió para la evaluación del software, haciendo uso de la muestra.

**Sexta etapa:** Todo lo concerniente al informe final, con sus respectivas conclusiones, limitaciones, aportes y su futura línea de investigación.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el desarrollo mencionaremos las actividades que se ejecutaron en las diferentes etapas de la metodología aplicada, que en este caso

es Buchanan, que se destaca por la constante relación que se mantiene durante un proyecto entre el investigador desarrollador y el especialista del área, que en este caso es un endocrino.

**1. Fase de Identificación:** Identificación de documentación relevante a la *diabetes mellitus*, los participantes y sus roles (ver TABLA II).

TABLA II  
IDENTIFICACIÓN DE PARTICIPANTES Y SU ROL

PARTICIPANTE	ROL
Pacientes	Aquellos a los que se dirige el sistema.
Experto humano	Médico Endocrino que proporcionó sus conocimientos los cuales fueron formalizados para ser insertados en el sistema y así poder emular su forma de proceder y recomendar.
Médico General	Médico que brindó su estación de trabajo o módulo de atención para poder realizar los diagnósticos luego de la consulta médica respectiva.
Estudios acerca de la <i>diabetes mellitus</i>	Estudios acerca de sus tipos, síntomas y perfiles, que se padecen o heredan.

**2. Fase de Conceptualización:** Entrevista (ver Fig. 1) y encuesta (ver Fig. 2) al especialista endocrino, y la definición de variables del software.

ENCUESTA RELACIONADA DIRECTAMENTE CON LA VARIABLE INDEPENDIENTE

¿Cuántos tipos de Diabetes Mellitus se diagnostican?

a) 1  
b) 2  
c) 3  
d) 0

¿Cuál es el factor de riesgo primordial para diagnosticar Diabetes Mellitus?

a) Presión Arterial  
b) Triglicéridos  
c) Colesterol  
d) Glucosa

¿Cuál es el examen de descarte que se debe realizar de forma primaria?

a) Test de Glucosa (glucosa basal)  
b) Test de Tolerancia a la glucosa  
c) Hemoglobina Glicosilada

¿Cuál es el examen Gold Estándar o que brinda un resultado definitivo?

a) Test de Glucosa (glucosa basal)  
b) Test de Tolerancia a la glucosa  
c) Hemoglobina Glicosilada

¿Cuáles son los tipos de valores que emite un examen como resultado?

a) Bajo, normal y alto  
b) Normal, alterado y alto  
c) Normal, alterado, alto y muy alto

¿Son los mismos parámetros para un examen aleatorio que para un examen controlado?

a) Si  
b) No

Fig. 1 – Encuesta al Especialista

ENTREVISTA RELACIONADA DIRECTAMENTE CON LA VARIABLE DEPENDIENTE

✓ ¿Qué es la Diabetes Mellitus?

✓ ¿Cuáles son los síntomas de la Diabetes Mellitus?

✓ ¿Qué tipos de Diabetes Mellitus existen?

✓ ¿Se puede padecer de un solo tipo o de varios a la vez?

✓ ¿Cuál de sus tipos es la más común?

✓ ¿Se contrae la enfermedad o es hereditaria?

✓ ¿Cuál es el perfil de un paciente con Diabetes Mellitus según su tipo?

✓ ¿Cuáles son las principales causas de padecer Diabetes Mellitus?

✓ ¿Qué examen o exámenes se realizar para un diagnóstico de Diabetes Mellitus?

✓ ¿Cualquiera se puede realizar estos exámenes de descarte?

✓ ¿Todos estos exámenes se pueden hacer con el seguro?

✓ ¿Existen enfermedades relacionadas a la Diabetes Mellitus?

✓ ¿A qué se conoce cómo factores de riesgo?

✓ ¿Qué tipo de factores de riesgo existen?

Fig. 2 – Entrevista al Especialista

De toda la información se pudo extraer diferentes variables que son necesarias para realizar un diagnóstico de diabetes mellitus:

- Tipos de diabetes mellitus.
- Perfil para cada tipo de diabetes.
- Nivel de glucosa aleatoria y controlada.
- Factores de riesgo modificables y no modificables (ver Anexo N° 08).
- Parámetros de cada factor de riesgo.

### 3. Fase de Formalización:

Establecer la arquitectura, base de conocimientos y establecer las reglas.

**Arquitectura.** - Se hizo uso de la arquitectura de un sistema experto, la cual, está conformada de forma principal por 3 componentes: Base de conocimientos, base de hechos y el motor de inferencia, de manera secundaria para realizar la comunicación entre la máquina y el hombre, se necesita el subsistema de adquisición de conocimientos y la interfaz con el usuario. Ya como recurso extra, en esta investigación se hará uso de una base de datos para poder registrar tanto a pacientes como su diagnóstico, tal y como se expone en la siguiente figura (ver Fig. 3):

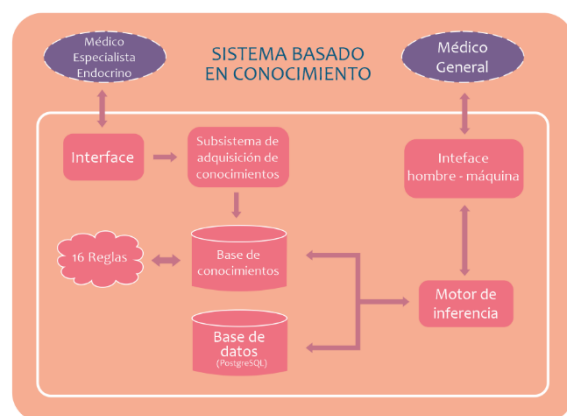


Fig. 3 – Elaboración propia, basado en la arquitectura de un sistema experto de la Universidad Pontificia de Comillas [17]

**Base de conocimientos.** - Contiene los factores de riesgos modificables y no modificables obtenidos durante la investigación, que a su vez fueron

utilizados para la formalización de las reglas de conjunción, tal y como se muestra a continuación (ver Fig. 4):

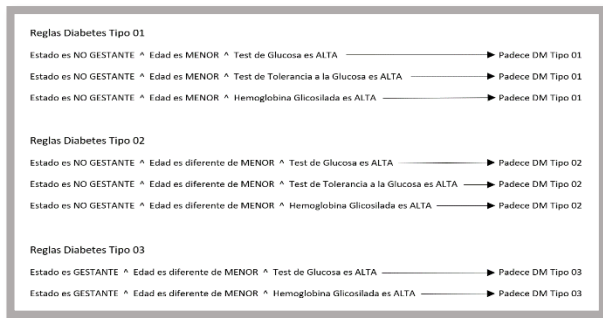


Fig. 4 – Formalización de Reglas

Las Reglas están hechas en base a flujogramas que se pueden ver en los anexos (ver Anexo N° 05, Anexo N° 06 y Anexo N° 07).

#### 4. Fase de Implementación:

Implementar el conjunto de hechos y reglas en Prolog, en la fase de diseño aplicamos RUP y la base de datos en PostgreSQL.

**Motor de inferencia.** - Es aquí donde se centra todo el trabajo del SBC, se puede decir que es el núcleo del producto, analiza la base de hechos (ver Fig. 5) y todas las reglas (ver Fig. 6), incluso decide el orden en que se realizan las inferencias, todo esto bajo el lenguaje de programación lógico e interpretado Prolog; las tareas se realizan bajo las estrategias de inferencia más utilizada para este tipo de sistemas “Modus Ponens” y “Modus Tollens”.

```
% Factores de Riesgo
factorRiesgo(estado).
factorRiesgo(edad).
factorRiesgo(peso).
factorRiesgo(presionArterial).
factorRiesgo(colesterol).
factorRiesgo(trigliceridos).
factorRiesgo(glucosa).
factorRiesgo(toleranciaGlucosa).
factorRiesgo(hemoglobinaGlicosilada).

%Parámetros de cada FR
%estado
parametrosFR(estado,gestante).
parametrosFR(estado,noGestante).
%edad
parametrosFR(edad,menor).
parametrosFR(edad,adolescenteJoven).
parametrosFR(edad,adultoJoven).
parametrosFR(edad,adulto).
%peso
parametrosFR(peso,delgado).
parametrosFR(peso,normal).
parametrosFR(peso,sobrepeso).
parametrosFR(peso,obesidad).
%presión arterial
parametrosFR(presionArterial,normal).
parametrosFR(presionArterial,elevada).
parametrosFR(presionArterial,altaN1).
parametrosFR(presionArterial,altaN2).
%colesterol
parametrosFR(colesterol,alto).
parametrosFR(colesterol,optimo).
parametrosFR(colesterol,bajo).
%triglicéridos
parametrosFR(trigliceridos,normal).
parametrosFR(trigliceridos,limiteAlto).
parametrosFR(trigliceridos,alto).
parametrosFR(trigliceridos,muyAlto).
%glucosa
parametrosFR(glucosa,normal).
parametrosFR(glucosa,alterada).
parametrosFR(glucosa,alta).
%tolerancia a la glucosa
parametrosFR(toleranciaGlucosa,normal).
parametrosFR(toleranciaGlucosa,alterada).
parametrosFR(toleranciaGlucosa,alta).
%hemoglobina Glicosilada
parametrosFR(hemoglobinaGlicosilada,normal).
parametrosFR(hemoglobinaGlicosilada,alterada).
parametrosFR(hemoglobinaGlicosilada,alta).
```

Fig. 5 – Base de Hechos

```
%Diabetes Mellitus Tipo 01
% No está gestando, que sea "menor" de edad (lady) y que tenga alta ya
% sea la glucosa o la tolerancia a la glucosa o su hemoglobina glicosilada
regla_01_01_01(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(glucosa,C),A=noGestante,B=menor,C=alta,R is 11.
regla_01_01_02(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(glucosa,C),A=noGestante,B=menor,C=alterada,R is 12.
regla_01_01_03(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(toleranciaGlucosa,C),A=noGestante,B=menor,C=alta,R is 14.
regla_01_01_04(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(toleranciaGlucosa,C),A=noGestante,B=menor,C=alterada,R is 15.
regla_01_01_05(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(hemoglobinaGlicosilada,C),A=noGestante,B=menor,C=alta,R is 17.
regla_01_01_06(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(hemoglobinaGlicosilada,C),A=noGestante,B=menor,C=alterada,R is 18.

%Diabetes Mellitus tipo 03
% Que está Gestando, todas las edades menos la "menor" y su nivel de
% glucosa sea alto o su hemoglobina glicosilada sea alta o su vez que
% tenga la glucosa alterada y su hemoglobina glicosilada alterada, y
% finalmente que tenga su glucosa alterada y su hemoglobina glicosilada
% alta.
regla_03_01_01(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(glucosa,C),A=gestante,B=menor,C=alta,R is 31.
regla_03_01_02(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(glucosa,C),A=gestante,B=menor,C=alterada,R is 32.
regla_03_01_03(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(hemoglobinaGlicosilada,C),A=gestante,B=menor,C=alta,R is 34.
regla_03_01_04(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(hemoglobinaGlicosilada,C),A=gestante,B=menor,C=alterada,R is 35.

%Diabetes Mellitus Tipo 02
%Que no esté gestando, todas las edades menos la "menor" y y que tenga alta ya
% sea la glucosa o la tolerancia a la glucosa o su hemoglobina glicosilada
regla_02_01_01(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(glucosa,C),A=noGestante,B=menor,C=alta,R is 21.
regla_02_01_02(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(glucosa,C),A=noGestante,B=menor,C=alterada,R is 22.
regla_02_01_03(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(toleranciaGlucosa,C),A=noGestante,B=menor,C=alta,R is 24.
regla_02_01_04(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(toleranciaGlucosa,C),A=noGestante,B=menor,C=alterada,R is 25.
regla_02_01_05(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(hemoglobinaGlicosilada,C),A=noGestante,B=menor,C=alta,R is 27.
regla_02_01_06(A,B,C,R):-parametrosFR(estado,A),parametrosFR(edad,B),parametrosFR(hemoglobinaGlicosilada,C),A=noGestante,B=menor,C=alterada,R is 28.
```

Fig. 6 – Reglas en Prolog

**Base de datos.** - Almacenamos los datos del paciente en la base de datos, tales como su identificación y factores de riesgo, datos necesarios para realizar los diagnósticos, que posteriormente también fueron guardados, conjunto de datos que se convirtieron en reportes. Para esta investigación se hizo uso del gestor de base de datos PostgreSQL.

**Interfaz de usuario.** - Se desarrolló un sistema que permita la interacción SBC – usuario, siendo el lenguaje elegido JAVA para conectar al sistema. Utilizando la metodología de RUP, exactamente en la parte de diseño, que se ve en los diagramas de realización de caso de uso de diseño (ver Fig. 7) y su respectivo diagrama de clases de diseño (ver Fig. 8), ya como resultado visual se obtuvieron interfaces intuitivas que no son muy completas para el fácil manejo y usabilidad del usuario, entre las principales tenemos el inicio de sesión que para validar las credenciales del usuario (ver Fig. 11), el menú principal donde se muestran todas las opciones del sistema (ver Fig. 9), interfaz principal del SBC que es de exámenes (ver Fig. 10) y los reportes donde se muestran todos los diagnósticos realizados (ver Fig. 12 y ver Anexo N° 13), todas serán expuestas a continuación:

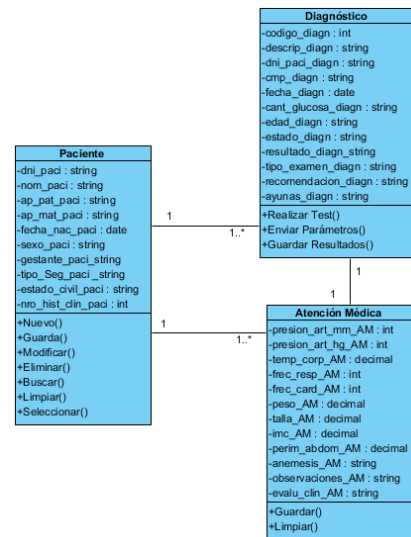


Fig. 8 – Casos de Uso de Diseño



Fig. 9 – Inicio de Sesión

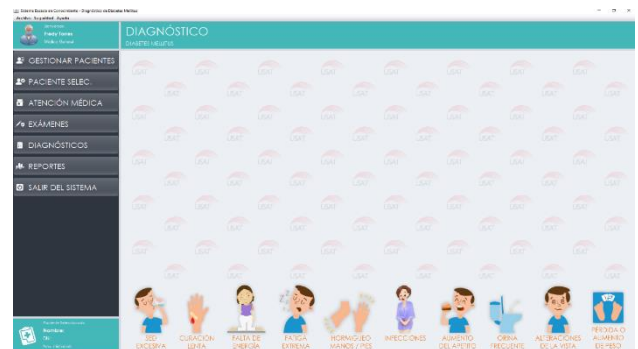


Fig. 10 – Menú Principal

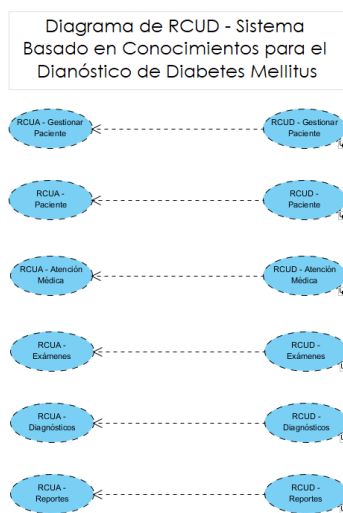


Fig. 7 – Diagrama de Realización de Casos de Uso de Diseño

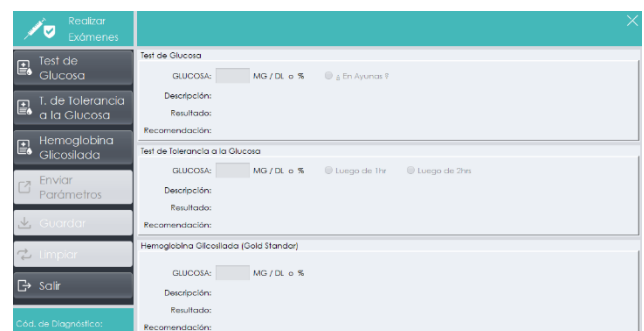


Fig. 11 – Exámenes

Reportes	
Salir	Total de Diagnósticos: 57
	Diagnosticados con DM: 30      Con DM tipo 01: 0
	Descartados con DM: 16      Con DM tipo 02: 30
	Por Descartar con DM: 11      Con DM tipo 03: 0

Fig. 12 – Reportes

**5. Fase de Prueba:** Verificar los resultados y la solides del software, mediante pruebas de caja blanca haciendo uso de la librería JUnit de Java en NetBeans (ver Anexo N° 14), creando la clase PrologTest dentro del paquete Prolog que a su vez está dentro del paquete TestPackages dentro del proyecto principal. Todas son descritas en la tabla (ver TABLA III) y los resultados expuestos en los figura (ver Fig. 13) a continuación:

TABLA III  
LISTA DE PRUEBAS DE CAJA BLANCA

Caso de Prueba	Funcionalidad	Descripción de lo que se probará
PCB01	PrologTest	Consultar a la regla_01_01_dm1 del test de glucosa para <i>diabetes mellitus</i> tipo 01
PCB02	PrologTest	Consultar a la regla_01_02_dm1 del test de glucosa para <i>diabetes mellitus</i> tipo 01
PCB03	PrologTest	Consultar a la regla_02_01_dm1 del test de tolerancia a la glucosa para <i>diabetes mellitus</i> tipo 01
PCB04	PrologTest	Consultar a la regla_02_02_dm1 del test de tolerancia a la glucosa para <i>diabetes mellitus</i> tipo 01
PCB05	PrologTest	Consultar a la regla_03_01_dm1 del test de hemoglobina glicosilada para <i>diabetes mellitus</i> tipo 01
PCB06	PrologTest	Consultar a la regla_03_02_dm1 del test de hemoglobina glicosilada para <i>diabetes mellitus</i> tipo 01

PCB07	PrologTest	Consultar a la regla_04_01_dm3 del test de glucosa para <i>diabetes mellitus</i> tipo 03
PCB08	PrologTest	Consultar a la regla_04_02_dm3 del test de glucosa para <i>diabetes mellitus</i> tipo 03
PCB09	PrologTest	Consultar a la regla_05_01_dm3 del test de hemoglobina glicosilada para <i>diabetes mellitus</i> tipo 03
PCB10	PrologTest	Consultar a la regla_05_02_dm3 del test de hemoglobina glicosilada para <i>diabetes mellitus</i> tipo 03
PCB11	PrologTest	Consultar a la regla_06_01_dm2 del test de glucosa para <i>diabetes mellitus</i> tipo 02
PCB12	PrologTest	Consultar a la regla_06_02_dm2 del test de glucosa para <i>diabetes mellitus</i> tipo 02
PCB13	PrologTest	Consultar a la regla_07_01_dm2 del test de tolerancia a la glucosa para <i>diabetes mellitus</i> tipo 02
PCB14	PrologTest	Consultar a la regla_07_02_dm2 del test de tolerancia a la glucosa para <i>diabetes mellitus</i> tipo 02
PCB15	PrologTest	Consultar a la regla_08_01_dm2 del test de hemoglobina glicosilada para <i>diabetes mellitus</i> tipo 02
PCB16	PrologTest	Consultar a la regla_08_02_dm2 del test de hemoglobina glicosilada para <i>diabetes mellitus</i> tipo 02

```

reglas_DM01_HG
consult('DM.pl')Satisfactoria
Haciendo una consulta a la regla regla_03_01_dm1
consult('DM.pl')Satisfactoria
Haciendo una consulta a la regla regla_03_02_dm1
reglas_DM01_TG
consult('DM.pl')Satisfactoria
Haciendo una consulta a la regla regla_01_01_dm1
consult('DM.pl')Satisfactoria
Haciendo una consulta a la regla regla_01_02_dm1
reglas_DM01_HG
consult('DM.pl')Satisfactoria
Haciendo una consulta a la regla regla_03_01_dm1
consult('DM.pl')Satisfactoria
Haciendo una consulta a la regla regla_03_02_dm1
reglas_DM01_TG
consult('DM.pl')Satisfactoria
Haciendo una consulta a la regla regla_01_01_dm1
consult('DM.pl')Satisfactoria
Haciendo una consulta a la regla regla_01_02_dm1
reglas_DM02_HG
consult('DM.pl')Satisfactoria
Haciendo una consulta a la regla regla_08_01_dm2
consult('DM.pl')Satisfactoria
Haciendo una consulta a la regla regla_08_02_dm2
reglas_DM02_TG
consult('DM.pl')Satisfactoria

```

Fig. 13 – Resultado de las Pruebas de Caja Blanca bajo el test de JUnit

La discusión de este trabajo de investigación será expuesta de la siguiente manera:

El especialista endocrino y sus conocimientos aportados, fueron importantes en la fase de adquisición de conocimientos, puesto que, en base a lo abstraído se pudo definir los factores de riesgo para el motor de inferencia.

Si comparamos los factores de riesgos definidos en el presente trabajo con los expuestos en la investigación publicada en la Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo [10] donde no solo se nombran de forma tradicional como clínicos y metabólicos, si no, que también se clasifican como factores de riesgo modificables y no modificables, tal cual, como fueron estudiados por el investigador de este trabajo.

Así mismo, las pruebas o test elegidos y sus respectivos parámetros, para los tres tipos de *diabetes mellitus* definidos en esta investigación, coinciden con los recomendados por la fundación redGDPS [26], donde menciona a la glucosa basal o test de glucosa como Glucemia basal (ver Anexo N° 09), al test de tolerancia a la glucosa como sobre carga oral de glucosa (ver Anexo N° 10)

y al hemoglobina Glucosilada como HbA1c (ver Anexo N° 11).

La aplicación de la metodología Buchanan fue clave para lograr el desarrollo del SBC, donde se llevaron a cabo todas las fases para su respectiva estructuración e implementación. Iteraciones que se respetaron de igual manera que se expone en la Industrial Data en uno de sus artículos [28], con la única diferencia que hizo uso de redes bayesianas a diferencia de las reglas de conjunción de este trabajo.

A partir de una matriz de confusión, (ver Fig. 14) comparamos los resultados con el dictamen del especialista, estando en su mayoría alineados, mostrando lo siguiente: Un total de 56 resultados, subdivididos en 29 con nivel de glucemia alta, 11 con glucemia alterada y 16 con glucemia normal. De los cuales, 3 de los normales son falsos negativos a conclusión del especialista endocrino. Concluyendo que, el SBC alcanzó un 94.6% de eficiencia al momento de diagnosticar *diabetes mellitus*, tal como se expone a continuación:

		Sistema Basado en Conocimiento			TOTAL
		Nivel de Glucemia	Alta	Alterada	
Especialista Endocrino	Alta	29	0	0	29
	Alterada	0	11	3	14
	Normal	0	0	13	13
	TOTAL	29	11	16	56

Fig. 14 – Matriz de Confusión

## V. CONCLUSIONES

1. La documentación obtenida entre estadística, programas, normas técnicas y estándares tanto del MINSA, EsSalud como del mismo centro médico, fue de suma importancia, ya que, la integración de toda la información abstraída, respalda la validez de la problemática encontrada y, por ende, el principio de toda esta investigación.

2. Como parte de la investigación, se consideró como fuente principal los conocimientos adquiridos del especialista endocrino y secundaria las fuentes evaluadas y mencionadas en el ítem anterior, logrando determinar que los factores de riesgo más influyentes para la diabetes mellitus son: la edad, peso, presión arterial, nivel de colesterol, triglicéridos, nivel de glucemia y si es gestante o no; los cuales, permitieron determinar qué tipo de pacientes son candidatos para realizar una prueba de diagnóstico o descarte.

3. Luego de concretizar todos los conocimientos extraídos, se establecieron los valores correspondientes para cada factor de riesgo, constituyendo así la base de conocimientos; seguidamente se hace uso de operadores lógicos y condiciones lógicas, que permitieron formalizar de

manera correcta las reglas de conjunción para el motor de inferencia.

4. La metodología Buchanan permitió el desarrollo de un sistema basado en conocimientos mediante reglas, ya que, no solo brinda las fases necesarias para su implementación, también propone un modelo de buenas prácticas a seguir durante las iteraciones, con lo cual se obtuvo de forma eficiente la arquitectura e implementación de esta herramienta tecnológica.

5. Se realizaron 56 pruebas a personas perfiladas previamente por el médico general, las cuales fueron analizadas posteriormente por un especialista endocrino que decretó la existencia de 3 falsos negativos, lo que se traduce en un 94,6% de asertividad, afirmado así que el SBC proporciona diagnósticos altamente fiables.

6. La implementación de software realizada bajo la supervisión de un especialista endocrino, permitió realizar diagnósticos de diabetes mellitus oportunos, y, en consecuencia, acceder por parte del paciente a un tratamiento de menor complejidad y bajo costo, sin modificar su estilo de vida habitual, beneficiando a todos los usuarios

pertenecientes al centro médico de nivel I y II donde se realizó esta investigación.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Para trabajos futuros se recomienda adjuntar y compatibilizar con el sistema actual, algún dispositivo electrónico que registre los datos acerca del nivel de glucemia del paciente de forma histórica, para poder anexar estos datos en cada fecha de control y así verificar que se cumple de forma estricta con el tratamiento e indicaciones establecidas por el especialista.

2. A su vez, para complementar la herramienta tecnológica, sería ideal la implementación de un sistema basado en conocimientos, pero direccionado al tratamiento de diabetes mellitus y sus tipos, permitiendo llevar el control pertinente y la solicitud de medicamentos de acuerdo a la dosis de forma automática, brindando así, una atención especializada completa, en beneficio de la población asistencial del centro médico de nivel I y II.

3. En búsqueda de un mayor alcance para un beneficio social sin fines de lucro, es conveniente implementar una capa móvil, que se integre de forma distribuida al sistema basado en conocimiento actual, lo que permitiría

llegar a más centros médicos a nivel nacional donde no esté asignado un especialista endocrino.

4. Finalmente, para un crecimiento continuo del presente trabajo, es recomendable verificar la existencia de nuevos factores de riesgo y su nivel de influencia para el diagnóstico de diabetes mellitus, hechos que sumarán una mejora al motor inferencia; todo este nuevo conocimiento debe estar respaldado por los organismos y entidades pertinentes en la materia, como también de un especialista endocrino. Siendo coherente, realizar también la verificación de vigencia de esta investigación para el uso de los diversos recursos presentados en ella.

## **VII. REFERENCIAS**

### **BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Banco Mundial, «Datos del Banco Mundial,» [En línea]. Available: [https://datos.bancomundial.org/indicador/SH.MED.PHYS.ZS?contextual=default&end=2018&most\\_recent\\_value\\_desc=true&start=1960&view=chart](https://datos.bancomundial.org/indicador/SH.MED.PHYS.ZS?contextual=default&end=2018&most_recent_value_desc=true&start=1960&view=chart). [Último acceso: Mayo 2020].
- [2] Diario Médico del Perú, «Diario Médico,» 10 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://www.diariomedico.pe/?p=7851>. [Último acceso: Mayo 2020].
- [3] Organización Panamericana de la Salud Perú, «PERÚ OPS,» [En línea]. Available: [https://www.paho.org/per/index.php?option=com\\_joomlabook&view=topi](https://www.paho.org/per/index.php?option=com_joomlabook&view=topi)

- c&id=220. [Último acceso: febrero 15 2019].
- [4] Organización Panamericana de la Salud, «OPS / OMS,» [En línea]. Available: [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6717:2012-about-diabetes&Itemid=39447&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=6717:2012-about-diabetes&Itemid=39447&lang=es). [Último acceso: 15 febrero 2019].
- [5] Ministerio del Salud del Perú, «MINSA,» [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/minsa>. [Último acceso: 15 FEBRERO 2019].
- [6] R. Pino, A. Gómez y N. Abajo, Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva, Oviedo: Prentice-Hall, 2001.
- [7] D. Castillo, L. Garrido y D. Velzásques, «Sistemas Basados en Conocimientos,» [En línea]. Available: <http://sbc-unesr-2014-b.blogspot.com/p/pagina-4.html>. [Último acceso: Julio 2019].
- [8] T. Quintanar, Sistemas expertos y sus aplicaciones, Pachuca de Soto, 2007.
- [9] Kasper, Fauci, Hauser, Longo, Jameson y Loscalzo, Harrison. Principios de Medicina Interna, 19 ed., McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2016.
- [10] A. Palacios, M. Durán y O. Obregón, «Factores de riesgo para el desarrollo de Diabetes tipo 2 y Síndrome Metabólico.,» *Revista Venezolanda de Endocrinología y Metabolismo*, vol. XX, nº 1, pp. 34-40, 2012.
- [11] L. Delgado, A. Cortez y E. Ibáñez, «Aplicación de metodología Buchanan para la construcción de un sistema experto con redes bayesianas para apoyo al diagnóstico de la Tetralogía de Fallot en el Perú,» *Industrial Data*, vol. XVIII, nº 1, 23 Junio 2015.
- [12] A. Caballero, Metodología integral innovadora para planes y tesis, Primera ed., México, D.F.: Cengage learning, 2013.
- [13] D. Campbell y T. Cook, Quasi-experimentation: Design & analysis issues for field settings, Chicago: Rand McNally College Publishing Company, 1979.
- [14] D. Campbell y J. Stanley, Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research, Primera ed., Chicago: Rand McNally & Company, 1966.
- [15] Fundación redGDPS, «redGDPS,» 28 Noviembre 2018. [En línea]. Available: [https://www.redgdps.org/gestor/upload/colecciones/11\\_guiadm2\\_capGuia%20DM2\\_web.pdf](https://www.redgdps.org/gestor/upload/colecciones/11_guiadm2_capGuia%20DM2_web.pdf). [Último acceso: Mayo 2020].
- [16] Minsa, «Biblioteca Virtual de Salud,» 2015. [En línea]. Available: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3466.pdf>. [Último acceso: Mayo 2020].
- [17] F. Carrillo, «Fecyman10,» 23 Marzo 2011. [En línea]. Available: <https://fecyman10.wordpress.com/2011/03/23/arquitectura-de-un-sistema-experto/>. [Último acceso: Mayo 2020].

**VIII. ANEXOS**

**ANEXO N° 01. ESTADÍSTICA DE MÉDICO POR CADA MIL PERSONAS EN CUBA**

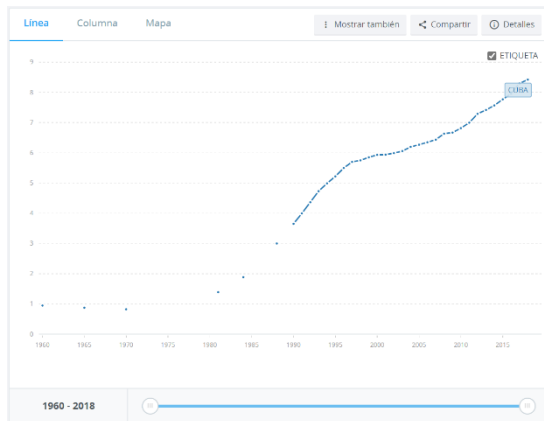


Fig. 15 – Médico por cada mil personas en Cuba [1]

**ANEXO N° 02. ESTADÍSTICA DE MÉDICO POR CADA MIL PERSONAS EN SUECIA, DINAMARCA, ESPAÑA, ALEMANIA E ITALIA**

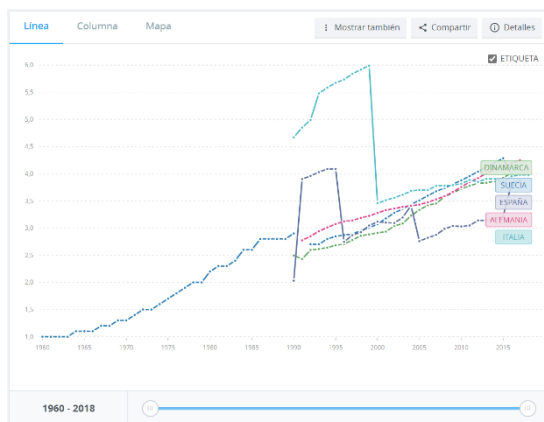


Fig. 16 – Médico por cada mil personas en Suecia, Dinamarca, España, Alemania e Italia [1]

**ANEXO N° 03. ESTADÍSTICA DE MÉDICO POR CADA MIL PERSONAS EN BRASIL, CHILE, ECUADOR Y COLOMBIA**



Fig. 17 – Médico por cada mil personas en Brasil, Chile, Ecuador y Colombia [1]

**ANEXO N° 04. ESTADÍSTICA DE MÉDICO POR CADA MIL PERSONAS EN PERÚ**

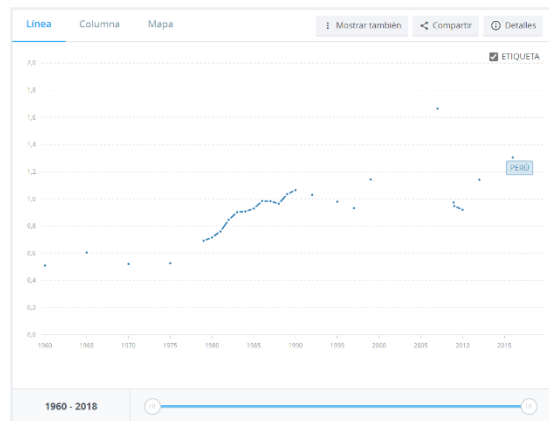


Fig. 18 – Médico por cada mil personas en Perú [1]

**ANEXO N° 05. FLUJOGRAMA DE DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS TIPO 01**

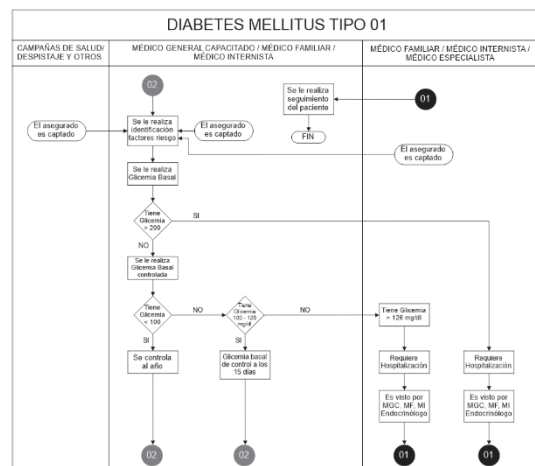


Fig. 19 – Flujoograma de diagnóstico de diabetes mellitus tipo 01. Elaboración propia, basado en la Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico, Tratamiento y Control de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en el Primer Nivel de Atención [16].

**ANEXO N° 06. FLUJOGRAMA DE DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS TIPO 02**

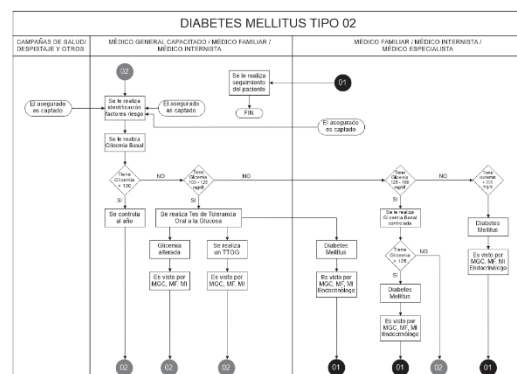


Fig. 20 – Flujoograma de diagnóstico de diabetes mellitus tipo 02. Elaboración propia, basado en la Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico, Tratamiento y Control de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en el Primer Nivel de Atención [16].

**ANEXO N° 07. FLUJograma DE DIAGNÓSTICO DE DIABETES MELLITUS TIPO 03**

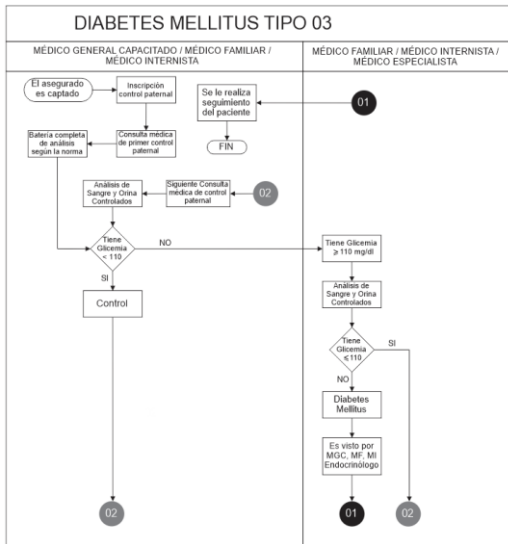


Fig. 21 - Flujograma de diagnóstico de diabetes mellitus tipo 02. Elaboración propia, basado en la Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico, Tratamiento y Control de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en el Primer Nivel de Atención[16]

**ANEXO N° 08. FACTORES DE RIESGO MODIFICABLES Y NO MODIFICABLES**

EDAD	SEXO	INDICACIONAL	TIPO	GEN	TEST DE GLUCOSA (GLUCOSA BASAL)	TEST DE TOLERANCIA A LA GLUCOSA	HEMOGLOBINA GLICOSILADA (GOLDFSTANDAR)
NIÑOS/ES DE 10 AÑOS	QUEDADO	NORMAL	NO HAY NINGUN RIESGO SIGNIFICATIVO	NORMAL	NORMAL	APRÓXIMADO 100 Y EN MUJERES ENTRE 100 Y 130 MG/DL	NIÑOS: MENOR A 5,7% (5,7%) ADULTOS: MENOR A 5,7% (5,7%)
ADOLESCENTES Y JÓVENES (10 A 19 AÑOS)	NORMAL	NO	DEL NIVEL OTIMO	NO	APRÓXIMADO 100 Y EN MUJERES ENTRE 100 Y 130 MG/DL	APRÓXIMADO 100 Y EN MUJERES ENTRE 100 Y 130 MG/DL	NIÑOS: MENOR A 5,7% (5,7%) ADULTOS: MENOR A 5,7% (5,7%)
ADOLESCENTES Y JÓVENES (20 A 29 AÑOS)	CONVENIO	NO	DEL NIVEL OTIMO	NO	APRÓXIMADO 100 Y EN MUJERES ENTRE 100 Y 130 MG/DL	APRÓXIMADO 100 Y EN MUJERES ENTRE 100 Y 130 MG/DL	NIÑOS: MENOR A 5,7% (5,7%) ADULTOS: MENOR A 5,7% (5,7%)
ADULTO MAYOR DE 40 AÑOS	OSIDICAO	ALTA (HISTORIA DE DIABETES TIPO 2 O PRE DIABETES)	NO HAY NINGUN RIESGO SIGNIFICATIVO	NO	APRÓXIMADO 100 Y EN MUJERES ENTRE 100 Y 130 MG/DL	APRÓXIMADO 100 Y EN MUJERES ENTRE 100 Y 130 MG/DL	NIÑOS: MENOR A 5,7% (5,7%) ADULTOS: MENOR A 5,7% (5,7%)

Fig. 22 – Factores de riesgo modificables y no modificables. Elaboración propia, basado en la Guía de Práctica Clínica para el diagnóstico, Tratamiento y Control de la Diabetes Mellitus Tipo 2 en el Primer Nivel de Atención[16]

**ANEXO N° 09. RESULTADO DE TEST DE GLUCOSA BASAL CONTROLADO**

Fig. 24 - Test de Glucosa en ayunas con resultado Alta

**ANEXO N° 10. RESULTADO DE TEST DE TOLERANCIA A LA GLUCOSA CONTROLADO**

Fig. 25 - Test de Tolerancia a la Glucosa en ayunas con resultado Alta

**ANEXO N° 11. RESULTADO DE HEMOGLOBINA GLICOSILADA CONTROLADO**

Fig. 26 - Hemoglobina Glicosilada en ayunas con resultado Alta

**ANEXO N° 12. OPCIÓN DE MULTIVENTANA PARA LAS ATENCIONES MÉDICAS**

Fig. 23 - Ejemplo de multi ventanas para visualizar datos de atenciones médicas

