



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS**

**Aplicación de la metodología Buchanan al Desarrollo de un sistema experto para el diagnóstico de la diabetes (tipo II)**

**TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:**  
**INGENIERO DE SISTEMAS**

**AUTOR:**

Periche Huarcaya, Kevi Oswaldo (ORCID: [0000-0003-4084-6011](https://orcid.org/0000-0003-4084-6011))

**ASESOR:**

Dr. Romero Ruiz, Hugo José Luis (ORCID: [0000-0002-7496-3702](https://orcid.org/0000-0002-7496-3702))

**LINEA DE INVESTIGACION:**

Sistema de Información y Comunicaciones

PIURA - PERÚ

2021

## DEDICATORIA

Para mis Padres, **Cesar** e **Iraida** que me dieron la vida, los que me dieron buenos valores los que me apoyaron en mis proyectos, los que me ayudan en momentos difíciles, A mi hermano **Luder** por brindarme buenos consejos y me ayuda a crecer como persona, y a toda mi familia.

## AGRADECIMIENTO

A **Dios** por guiarme en el camino del éxito, por darme salud, protección y vida.

A mis Docentes, por los conocimientos, consejos y valores que me enseñaron. A mis seres queridos por el apoyo que siempre me brindan, a mis amigos por el apoyo incondicional, a mi esposa **Juvi** por su comprensión, amor y apoyo que siempre me ha brindado, y a mi hijo **Eithan** por enseñarme a ser un padre responsable, motivarme a cumplir mis metas y siempre sacarme una sonrisa.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	iv
Índice de gráficos y figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	vii
I. Introducción .....	1
II. Marco teórico .....	4
III. Metodología.....	11
3.1. Tipo y diseño de Metodología.....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	13
3.3. Población muestra, muestreo, unidad de análisis .....	13
3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos .....	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Métodos de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos .....	15
IV. Resultados .....	15
V. Discusión.....	20
VI. Conclusiones.....	27
VII. Recomendaciones.....	28
Referencias .....	29
Anexo .....	34

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1 Técnica e instrumento .....	14
Tabla Nº 2 Técnica e instrumento del indicador 1 .....	16
Tabla Nº 3 Técnica e instrumentos.....	17
Tabla Nº 4 Resultado para el tiempo de diagnostico.....	17
Tabla Nº 5 Estadística de muestras emparejadas.....	17
Tabla Nº 6 Correlaciones de muestras emparejadas .....	18
Tabla Nº 7 Precisión de Diagnostico .....	18
Tabla Nº 8 Resultado de precisión de diagnostico .....	19
Tabla Nº 9 Técnica e instrumento del indicador 3 .....	20
Tabla Nº 10 Prueba de normalidad Tiempo para el diagnostico.....	21
Tabla Nº 11 Tabla de normalidad .....	21
Tabla Nº 12 Prueba de Muestras .....	22
Tabla Nº 13 Matriz de Operacionalización de variables .....	34
Tabla Nº 14 Costo del software .....	37
Tabla Nº 15 Costo del Hardware .....	37
Tabla Nº 16 Costo de materiales.....	37
Tabla Nº 17 Tabla de costo de personal.....	38
Tabla Nº 18 Consumo de energía .....	38
Tabla Nº 19 Servicio Web .....	38
Tabla Nº 20 Tabla de costo de mantenimiento.....	38
Tabla Nº 21 Guía de observación Pre-Test.....	40
Tabla Nº 22 Caso de Uso: registrar síntomas .....	52
Tabla Nº 23 Obtener diagnostico.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Tipo y Diseño de Investigación.....	12
Figura N° 2 Duración de Diagnostico .....	18
Figura N° 3 Punto critico.....	24
Figura N° 4 Motor de inferencia.....	36
Figura N° 5 Encadenamiento hacia Adelante .....	36
Figura N° 6 Encadenamiento hacia atrás .....	36
Figura N° 7 Centro médico San José .....	39
Figura N° 8 Modus Ponens .....	45
Figura N° 9 Modus Tolles .....	45
Figura N° 10 Fases de la metodología Buchanan .....	46
Figura N° 11. Encadenamientos de Reglas.....	50
Figura N° 12 Encadenamiento de reglas.....	51
Figura N° 13 Arquitectura del Sistema .....	54
Figura N° 14 Inicio de sesión.....	54
Figura N° 15 Menú .....	54
Figura N° 17 Formulario de diagnostico .....	54
Figura N° 16 Formulario De registro de síntomas .....	54

## RESUMEN

En esta investigación se tuvo como objetivo aplicar la metodología Buchanan para desarrollar un sistema experto que diagnostique la diabetes tipo II, en el Centro médico San José-Piura, esta investigación es cuantitativa, por lo tanto, el tipo de investigación es aplicada, el diseño de la investigación es Experimental de tipo pre experimental. Entre los resultados se obtuvo una disminución de la duración de consulta en un 44% con respecto al médico y la precisión de diagnóstico dando como resultado una mejora del 7%. Además, el sistema experto te brinda un diagnóstico eficiente. En las conclusiones se produjo una reducción del tiempo de diagnóstico de 14 minutos por consulta realizadas determinando a si una influencia positiva, asimismo se le logro mejorar la precisión del diagnóstico dando como resultado un mínimo margen de error, de igual forma la metodología Buchanan ayudo significativamente a la elaboración del sistema experto dando como resultado un diagnóstico eficiente. Del análisis expuesto se confirmó que el sistema experto apoya significativamente al diagnóstico de la diabetes tipo II del centro médico San José-Piura.

**Palabra Claves:** Expert Systems, software, Endocrinología.

## ABSTRACT

The objective of this investigation was to apply the Buchanan methodology to develop an expert system to diagnose type II diabetes, in the San José-Piura Medical Center, the focus of this research is quantitative, therefore, the type of research is applied, the research design is Experimental of type, pre-experimental. Among the results, a decrease in the duration of the consultation was obtained, this being 44% with respect to the original and the Diagnostic one, resulting in an improvement of 7%. In addition, the expert system gives you an efficient diagnosis. In the conclusions there was a reduction in the diagnosis time of 14 minutes per consultation made, determining whether a positive influence, It was also possible to improve the precision of the diagnosis resulting in a minimum margin of error, in the same way the Buchanan methodology significantly helped the elaboration of the expert system, resulting in an efficient diagnosis. The exposed analysis was able to confirm that the expert system significantly supports the diagnosis of type II diabetes at the San José-Piura medical center.

**Keywords:** Expert System, software, Endocrinology



## I. INTRODUCCIÓN

Se conoce en la actualidad que los Sistemas Expertos se enfocan en proveer soluciones a múltiples problemas en nuestra vida diaria y cumple un rol más importante si se trata de la salud. Se baso en un amplio cuerpo de conocimientos sobre un área problemática específica, en muchos casos estos programas llegan a funcionar mejor que cualquier experto humano debido a su eficacia y velocidad a la hora de tomar decisiones, (BLAS AMERICO, y otros, 2018). El primer sistema experto médico fue Heuristic Dental, elaborado en la Universidad de Stanford en el ámbito de la química orgánica, esto llevo a incorporar conocimientos que permitían diagnosticar el agente causante de la infección, fue útil para las decisiones por parte de los médicos, (MANTARAS, y otros, 2017).

La diabetes es una enfermedad crónica que se le conoce por presentar niveles elevados de azúcares en la sangre (glucemia). La principal causa son los malos hábitos alimenticios, ya que existe demasiadas personas con obesidad y sobrepeso.

Según la revista de (Diabetes mellitus tipo 2 en Perú: una revisión sistemática sobre la prevalencia e incidencia en población general, 2019) nos dice que en los últimos años se detectó un aumento de personas afectadas por diabetes Tipo II siendo su prevalencia de 1 a 8% de la población, en sus resultados siendo Piura y Lima los departamentos con mayores casos posibles con esta enfermedad.

La población diabética oscila entre los 20 y 65 años, según los datos proporcionados por el Ministerio de Salud nos dice que más de un millón de peruanos padecen de este mal crónico.

Sin embargo, para dar un diagnóstico certero, el medico se basa en los síntomas de pacientes y en criterios bioquímicos. La poca experiencia de médicos principiantes puede provocar un diagnostico erróneo y que las recomendaciones no sean adecuadas, poniendo en riesgo al paciente. (VERA, 2016)

Nuestra realidad nos indicó que a pesar de la gran demanda de los sistemas expertos que hay en todo el mundo y la aceptación de estos por la mayoría de personas, existen médicos que no contribuyen a brindar información para la realizar este tipo de investigación debido a que en un futuro los sistemas expertos y la

inteligencia artificial sustituya al hombre. En cualquier caso, “es importante recalcar que los sistemas basados en IA, a pesar de ser capaces de proporcionar diagnósticos rápidos y certeros, nunca superarán el sentido común y el buen juicio de una persona”, (MANTARAS, y otros, 2017)

De igual manera se observó que no tan solo en los centros médicos se nota la falta de interés sino también en el mercado peruano ya que pocos son los casos de este tipo de investigación que aciertan, ya que la mayoría optan por abandonar sus proyectos por falta de interés en el rubro en lo que respecta al financiamiento.

Se supone que esta postura se relaciona con la falta de conocimiento sobre metodologías para enfrentar las distintas enfermedades y como abarcar en este campo para un diagnóstico certero.

Dado que poco se ha abordado el tema dentro de la investigación donde se aplica el SE basado en reglas, por lo que justifico revisar la tecnología en este ámbito, por lo tanto, se pretende aplicar una metodología que sea enfocada al diagnóstico de Diabetes tipo 2.

Para tal fin se va aplicar la metodología llamada Buchanan, que se adapta al SE basado en reglas, lo cual facilita el desarrollo de mismo debido a la flexibilidad que brinda al desarrollo del ciclo de vida del proyecto, (BADARO, y otros, 2014).

El problema de esta investigación responde a la siguiente pregunta, ¿De qué manera la implementación de un sistema experto desarrollado con la metodología Buchanan diagnosticara la diabetes tipo II en el Centro médico San José-Piura?

La justificación de esta investigación es teórica, practica y social:

El desarrollo e implementación de este proyecto permitió gestionar mejor los servicios en el ara de la diabetes, los resultados de manera eficaz y confiable al razonamiento del sistema experto. Esto sirve a las nuevas alternativas en los objetivos que impone el ministerio de salud y la complacencia del paciente.

En nuestra justificación social, el sistema experto ayudará a la sociedad, tanto como las personas y distintas instituciones de distintas áreas que están involucradas en la prevención y diagnóstico de dichas enfermedades.

Sera de gran beneficio en los centros de salud, ya que en muchos de ellos no se cuenta con un médico especialista de esta enfermedad.

Las personas de bajos recursos económicos que acuden a este centro médico serán las grandes beneficiadas con la construcción de este Sistema Experto.

El sistema experto será una importante herramienta de consulta para los médicos generales, de esta manera podrán brindar diagnósticos eficientes a los pacientes. En la práctica Sistema Experto aportara grandes beneficios y se complementara con la "Programación Nacional y Atención de Pacientes con Diabetes" creada en el estado peruano mediante Ley N° 28553 – esta ley protege a las Personas que presentan Diabetes, cual elimina el pago de los derechos arancelarios con la venta medicamentos y/o insumas necesarias para el tratamiento de la Diabetes.

La formulación de problema fue ¿Cómo un sistema experto desarrollado con la metodología Buchanan diagnosticara la diabetes tipo II en el Centro médico San José-Piura?

El objetivo general fue implementar un Sistema experto para mejorar el diagnóstico de la Diabetes tipo 2 en el Centro médico San José-Piura.

Apoyándome de los siguientes objetivos específicos: OE1. Disminuir el tiempo de atención de los pacientes con Diabetes Tipo II.OE2: Reducir los errores durante el registro de la información respecto al estado del Paciente.

Es así que durante la presente investigación manejamos la siguiente hipótesis: El Sistema Experto ayuda significativamente al diagnóstico de pacientes con Diabetes Tipo II en el centro médico San-José, Piura.

El sistema experto estará basado en reglas para obtener un diagnóstico que permita al paciente saber en qué estado se encuentra su enfermedad.

El sistema experto ofrece un diagnóstico de forma rápida, confiable y eficiente al paciente, una vez que termine de introducir sus síntomas y datos necesarios.

## II. MARCO TEÓRICO

Después de una investigación meticulosa de teorías en libros, revistas y tesis puesto que el objetivo es elaborar un SE para diagnosticar dicha enfermedad usando una metodología adecuada (Metodología Buchanan), se encontraron trabajos orientados a nuestra investigación o claramente enfocados en simulaciones, nombrare algunos:

(ARENAS, y otros, 2015) Planteo como problema principal la falta de profesionales, clínicas u hospitales especializados en cardiología y como objetivo planteo construir un Sistema Experto que busca como resultado el diagnóstico de la enfermedad coronaria utilizando "Sistema basado en reglas", que se basa en un conjunto de reglas que utiliza mecanismos de razonamiento lógico.

(ARIAS, 2019) su Investigación sirvió como antecedente ya que aumenta la confiabilidad del diagnóstico de enfermedades y almacena todo el conocimiento de experto, dio un diagnóstico rápido y confiabilidad con un mínimo de error. Además, se usó la base de arquitectura del proyecto la cual va hacer integrado a la investigación.

(MANTARAS, y otros, 2017). In his book entitled "Artificial Intelligence", I propose that at present the Gideon system is a very useful Web system that diagnoses different infectious diseases, its knowledge; Due to its high capacity for knowledge on infectious diseases worldwide, it diagnoses 337 specific infectious diseases in 224 countries.

(BADARO, y otros, 2014). En su libro Titulado "Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones" realizado en Buenos Aires Argentina. Plantearon que los Sistemas Expertos son instrumentos de soporte en lo que respecta las decisiones. Los sistemas expertos se aplican en distintas áreas: Informática, Química, Derecho, Aeronáutica, Geología, Arqueología, Agricultura, Electrónica, Transporte, Educación, Medicina, Industria, Finanzas y Gestión Militar.

(DURKIN, 2019). In his book entitled "expert systems: applications of artificial intelligence in business activity" he tells us that all those who work in companies have to deal with problems and daily decision-making, so this book deals with expert

systems and as such Systems will change the business world, or will give experts help they could never have imagined in defining problems and determining what knowledge is available to solve those problems.

(DARLINGTON, 2017), Los sistemas expertos fue desarrollado por la comunidad de Inteligencia Artificial (IA) en los años 60. El congreso mundial IA Feigenbaum dice que los SE es un programa de cómputo que razona y usa el conocimiento para que resuelva los distintos problemas que son difíciles en la intervención de un experto humano que brinda soluciones. Existen algunos tipos de sistemas como:

El sistema experto basados en reglas Este trabajaba con la aplicación de reglas que comparan resultados y aplican nuevas reglas que se basan en situación modificada (CASTILLO, y otros, 2015)

“Si...entonces...” Las reglas, “si... entonces...”es el conocimiento que se usa en el SE. Por ejemplo, las reglas en la medicina se relacionaron entre enfermedades y síntomas. Los síntomas ayudaran a que las reglas se usen para las probabilidades de enfermedades.

El sistema experto basado en casos, aplica el razonamiento de soluciones de un problema idéntico a lo planteado con anterioridad hace que se ajuste al nuevo problema.

El sistema experto basado en redes de Bayes se basa en la aplicación de estadística y el teorema de Bayes.

En los trabajos previos nacionales tenemos como antecedentes:

(CHACALTANA, 2017), en su investigación “SE para el Diagnóstico de Enfermedades Respiratorias en el Hospital Central de la Policía Nacional del Perú Luis N. Sáenz”, De este antecedente se ha tomado en cuenta el nivel de funcionabilidad, fiabilidad, usabilidad, portabilidad y también los tiempos de respuesta.

(YURIN, y otros, 2018), This paper describes implementation and application of the model-driven development approach for the design of rule-based expert systems and knowledge bases. The implementation proposed takes into account peculiarities of the intelligent systems development process, such as stages of

conceptualization and formalization, and provides the practical use of ontologies and conceptual models as computation-independent and subject domain models.

(DELGADO, y otros, 2015), en la revista sistema experto utilizando la metodología Buchanan con redes bayesianas planteaba que los diagnósticos de la tetralogía de Fallot que existen en distintos centros hospitalarios en el Perú, la gran mayoría es equivocada. Según las evaluaciones se determinó que la metodología se adaptó al proyecto por sus necesidades y beneficios de su aplicación, todo esto sirvió para un diagnóstico certero por lo consiguiente se benefició el área de pediatría.

Existen distintas metodologías para el uso de los sistemas expertos:

La metodología Buchanan: su característica más impórtate es la relación entre el investigador y el experto del área, se basa en 6 grandes etapas Inicio, identificación, conceptualización, formalización, implementación y prueba.

La metodología ideal: esta metodología tiene un ciclo de vida en espiral en tres dimensiones, y se ajusta a la tendencia del software actual, esto hace que sea reutilizable, integrable, Posee requisitos abiertos e integra diversidad de modelos computacionales.

La metodología de Grover adquiere conocimiento para el dominio del problema tiene tres fases, el dominio como definición, conocimiento fundamental y Consolidación del conocimiento basal.

La metodología mixta: obtiene la documentación que reemplaza al experto, y utiliza diseñadores, usuarios en este caso como medio de documentación y referencia.

De este antecedente se han tomado en cuenta la conclusión en donde la implementación de la mesología buchanan es muy efectiva ya que se acopla a las necesidades del proyecto con el diagnóstico de enfermedades.

El uso del sistema experto según (MANTARAS, y otros, 2017), "Inteligencia Artificial", ya en 1965, se presentaba como seria la medicina en el futuro con la llegada de Dentrál, el primer sistema experto en el ámbito de la medicina, su objetivo era estudiar el compuesto químico.

En 1990, se produjo una amplia investigación en inteligencia artificial y sistemas expertos afirmando que en el futuro se convertiría en herramientas esencial en distintas áreas.

El la ciencia de la computadora genero un cambio evolutivo, sustituyendo la formula tradicional: datos + algoritmo = programa.

Por una mejor arquitectura que se centra en razonamiento con el motor de inferencia, de modo que: razonamiento + inferencias = SE.

Dicha formula es similar, pero con un distinto enfoque para obtener profundas implicaciones, (MANTARAS, y otros, 2017).

La estructura de un sistema experto según Turban nos dice que los Expert System están compuestos por dos conceptos muy importantes: una de ellas es el ambiente de desarrollo que se utiliza por el ingeniero experto para crear componentes e introducir un gran conocimiento en la base de datos y el ambiente de consulta es aquel que se utiliza por los no o expertos en la cual den como resultado una base de consejos y conocimiento.

Componentes de un Sistema Experto: Adquisición de conocimiento. Acumula, transfiere y transforma la experiencia humana en inteligencia a una computadora para la construcción del conocimiento y obtener como resultado un diagnóstico confiable. Requiere un hombre experto en conocimiento que interactúe con otros expertos en el desarrollo del proyecto.

Base de conocimiento. Es el que ayuda a la comprensión, formulación y la resolución de dificultades, la cual Incluye dos componentes generales: probabilístico y basado en reglas, su objetivo es dirigir el uso del razonamiento para la resolución de dicho problema.

Base de hechos. Es la memoria que contiene el problema, consta de sus datos únicos que corresponden al problema.

Motor de inferencia. Es el cerebro, que se conoce también como interpretador en reglas. Tiene tres principales elementos: Interpretar, programación y el control de consistencia.

Subsistema de justificación. Es la explicación del comportamiento del SE al encontrar una solución, permitiendo que el sistema le pregunte al usuario para que pueda a captar el razonamiento que el siguió.

Las etapas mencionadas influyen a la calidad del sistema obteniendo buenos resultados, y deben ser evaluados con aportaciones de los usuarios.

En la evaluación y selección de la técnica usada, según Arenas nos dice que la tarea del ingeniero en conocimiento consiste en la selección de medios adecuados para almacenar simbólicamente tal información. Puesto que los primeros SE usaban el formalismo basado en reglas en el ámbito de la medicina, un ejemplo claro es el sistema MYCIN, que consiste en el diagnóstico de infección de la sangre que es típica de la estructura IF... THEN, que se puede determinar cómo verdaderas o falsas. Por lo consiguiente se puede enlazar con operadores booleanos, como el uso del AND. Puesto que, en consideración del proyecto se escogió el sistema basado en reglas por que se adecua a esta investigación y la metodología Buchanan para la construcción del mismo. Las reglas más sencillas constituyen a las metodologías utilizadas. Estas contienen variables, un conjunto de reglas que conceptualizan el problema y su motor de inferencia que como resultado nos da la conclusión que aplica la lógica común a dichas reglas.

Según (CASTILLO, y otros, 2015) Dentro del motor de inferencia los expertos usan distintas reglas, estrategias de control e inferencia. Discute las reglas de inferencia: Modus Ponens, Modus Tollens y las estrategias de inferencia, encadenamiento de reglas orientadas a un objetivo, y se utilizan para la obtención de conclusiones compuestas y simples. Un sistema experto basado en reglas. busca trabajar a una persona experta en algún área específica. Su objetivo principal es ofrecer posibles soluciones que resuelvan problemas prácticos o crear un nuevo conocimiento, (CASTILLO, y otros, 2015)

A continuación, Separaremos los componentes de esta Arquitectura para un previo análisis (ver anexo 06):

Experto: Es la interacción de la persona con el sistema, transmitiéndole el razonamiento, mediante la implantación de reglas.

Módulo de Adquisición del Conocimiento. Es la interface donde el sistema experto y el experto humano interactúa de forma amigable.

Base de Datos (Hechos). Son datos muy valiosos que se relacionan al problema.

Consta en dos partes

- Permanente: Hechos que no cambian y siempre está presente al problema.
- Temporal: Hechos que cambian mientras se intenta solucionar el problema.

Es posible añadir y eliminar los hechos.



Base de Conocimiento (Reglas).es donde se almacena el razonamiento por medio de las reglas. Se almacenan con:

Hipótesis (Antecedente) a Conclusión (Consecuente)

Es el conocimiento adquirido por un experto. Mas no soluciones lógicas.

Dichas variables hacen que aumente la expresividad de estas reglas, el complejo de la gestión y se hace fácil al modificar las reglas (DIEZ, y otros, 2016)

Módulo de Explicación. Genera resultado o diagnóstico al usuario, que se obtienen del motor de inferencia.

Motor de Inferencia. Es el cerebro, que interpreta reglas. Tiene tres principales elementos: Interpretar, programación y el control de consistencia. Existen dos técnicas de inferencia basadas en reglas:

▬ Encadenamiento hacia adelante (ver anexo 07):

Parte de la BH inicial y la BR (base de reglas) forma soluciones intermedias para a si llegar a una consulta final.

▬ Encadenamiento hacia Atrás (ver anexo 08):

Parte de una pregunta objetiva que utiliza la BR (base de reglas) y BH inicial las cuales propone sub objetivos que son resueltas para dar soluciones

Interface de Usuario: es la interacción del usuario con el sistema.

Usuario: El individuo consulta al sistema para tener una respuesta a su problema.

Algunas Herramientas que disponen para la elaboración de un Sistema Experto.

Prolog. El lenguaje que se asocia con la inteligencia artificial y lingüística computacional declarado basado en reglas.

Clips. la principal característica es la capacidad para la función con distintos sistemas existentes.

Jess. Es el motor de reglas. Por sus conceptos de diseño es muy similar a clips con respecto a su sintaxis.

Drools. aplica el algoritmo Rete. Esta contiene una serie de nodos interconectados que examinan las entradas y propagan los resultados al nodo siguiente cuando hay similitud.

Jena. es un framework que fue elaborado con la tecnología java basado en normas.

Jeops. facilita la elaboración al programar el sistema de forma declarativa por las normas de producción de primer orden.

OpenCyc. Su base de conocimiento es compleja por el motor de razonar en el sentido común.

(TAVANA, y otros, 2020) Expert systems are computer-based systems that mimic the logical processes of human experts or organizations to give advice in a specific domain of knowledge. Fuzzy expert systems use fuzzy logic to handle uncertainties generated by imprecise, incomplete and/or vague information. The purpose of this paper is to present a comprehensive review of the methods and applications in fuzzy expert systems.

(Diabetes mellitus tipo 2 en Perú: una revisión sistemática sobre la prevalencia e incidencia en población general, 2019) en su revista diabetes tipo 2 en Perú nos dice que la diabetes tipo II, Tiene la capacidad de producir insulina y no desaparece, pero el cuerpo presenta una resistencia al estómago.

El temprano estado de diabetes, nos dice que la dosis de insulina producida por el páncreas varea ya que puede ser normal o alta. En el tiempo transcurrido si la insulina aumenta por parte del páncreas puede disminuir.

El 80% de individuos presentan esta enfermedad, es notorio por que poseen obesidad y no llevan una vida muy activa. El 20% restante tiene un defecto hereditario que resiste a la insulina. Existen malos hábitos que se consideran factores de riesgo y causas de diabetes como: Obesidad o sobre peso, estrés, sedentarismo, hipertensión, Falta de sueño, Mala alimentación, Alcohol, Fumar, Colesterol alto.

Los Síntomas iniciales son poco notorias. Sin embargo, si no se lleva un tratamiento a tiempo, la diabetes puede dar lugar a complicaciones muy serias, como problemas renales, cardíacos, oftalmológicos, hasta una amputación o coma diabético.

Entre los síntomas que te ayudan a identificar la diabetes tipo 2 tenemos: Mucha sed y necesidad de orinar frecuentemente, Infecciones frecuentes, entumecimiento o hormigueo en los pies, fatiga sin motivos aparentes encías rojas, hinchadas o adoloridas, pérdida de peso, visión borrosa.

¿Como diagnosticar la diabetes tipo II? Se utilizan tres elementos que se interrelacionan. El primero es la Validación del diagnóstico que son los síntomas y signos que presenta el paciente a inicio de la enfermedad. Para lograr un diagnóstico correcto el medico utiliza la generación de hipótesis, refinanciamiento

de hipótesis específica y la comprobación del diagnóstico, (CAPURRO, y otros, 2017)

Generación de Hipótesis Diagnósticas: En el momento de encuentro con un paciente generan Hipótesis de diagnósticos. Se van definiendo por las acciones y preguntas bastantes claves que llevo a un diagnóstico definitivo. Por ejemplo, al momento que ingresa un paciente con fiebre, las hipótesis pueden ser tan vagas como un cuadro infeccioso o más específicas como una neumonía neumocócica adquirida en la comunidad.

Refinanciamiento de hipótesis específica: La segunda etapa es la encargada del proceso diagnóstico. En muchas ocasiones los médicos indagan sistemáticamente por los síntomas presentados por el paciente o exámenes de laboratorio. El problema que vimos asociados a esta forma de recolectar información es el costo (en tiempo, económico, falsos positivos, etc.), (CAPURRO, y otros, 2017).

Verificación del diagnóstico: este es nivel de certeza por parte del médico, tanto para confirmar como para descartar un diagnostico a un nivel suficientemente alto, tanto que acorde con este las conductas de manejo y tratamiento serán tomadas. Los individuos que poseen esta enfermedad conllevan años con la glucosa alta sin presentar síntomas. En muchas ocasiones los resultados del diagnóstico son casuales al realizar un análisis de orina o sangre. El médico experto realizará distintas evaluaciones para confirmar el diagnóstico correcto:

Glucosa sanguínea. Aproximadamente 8 horas después de ayuno. Este examen es utilizado para diagnosticar diabetes o prediabetes; tolerancia oral a la glucosa. Deben medir el nivel de glucosa en la sangre después del ayuno de 8 horas y después de 2 horas. Esta prueba es muy efectiva para el diagnóstico de diabetes. Realizan exámenes de glucosa en la sangre a cualquier hora de haber ingerido el ultimo alimento.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de Metodología**

La investigación es de enfoque cuantitativo, aplicada. Se Utilizo el diseño Experimental, del tipo Pre-Experimental considerando trabajar con el método en línea, el que es conocido como el método de pre -test y post-Test, según (Baena,

2016, p. 38), fue un proceso que nos permitió convertir la información teórica proveniente de la investigación básica en conceptos, prototipos y productos, correspondientemente”.

La investigación aplicada busca o perfecciona los recursos de la aplicación en mejorar los conocimientos ya obtenido mediante nuestra investigación. Lo que se quiere decir que una investigación aplicada guarda una íntima relación con lo que se está buscando, la cual puede depender de lo que una puede descubrir a lo garlo de la investigación en los avances que se ve en ella y poder llenarnos de conocimiento en ello. Se trata de investigaciones que se caracterizan para un fin lucrativo para la aplicación, utilización y consecuencias prácticas de los conocimientos, (LOZADA, 2016).

Esquemas (Pre Experimental)

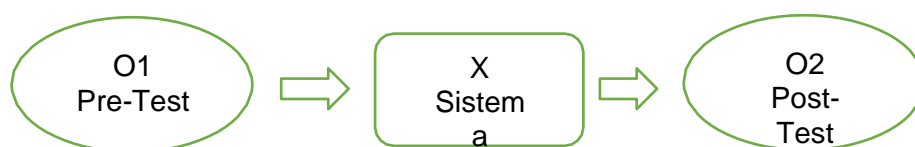


Figura N° 1 Tipo y Diseño de Investigación

Donde, para el esquema:

O1: es la primera observación para análisis de la variable lo que es antes del desarrollo de sistema, en mi caso era Diagnostico de la diabetes tipo II en el centro médico San José Piura antes del desarrollo del sistema, X: es el Sistema Experto, y O2 es Diagnostico de la diabetes tipo II en el centro médico San José Piura después del desarrollo del sistema.

Teóricamente Pre Experimental es la cual el investigador manipula una o más variables de estudio, para así poder controlar o disminuir esas variables y en efecto en los comportamientos observados. Dicho de otra manera, un experimento consiste en cambiar el valor de la variable (variable independiente) y así poder observar su efecto en otra variable (variable dependiente). (SERRANO, 2018)

### 3.2. Variables y Operacionalización:

Según el problema planteado se puede identificar una variable independiente VI y la otra variable dependiente VD con la siguiente relación VI  $\rightarrow$  VD.

Independiente. Aplicación de la metodología Buchanan al Desarrollo de un sistema experto

Dependiente. Diagnóstico de la enfermedad diabetes tipo II.

### 3.3. Población muestra, muestreo, unidad de análisis

Nuestra población este acuerdo con las historias Clínicas de la cantidad de pacientes 160 ingresados con diabetes.

El medico experto Utiliza ya sea por escrito o el soporte técnico más adecuado la información obtenida de sus pacientes, obteniendo como resultado un diagnostico conciso de la enfermedad que posee, y todos los procesos asistenciales sanitarios engloba la historia clínica del paciente.

La muestra se fijó en 16 historias clínicas de diagnóstico de la enfermedad diabetes tipo dos en el área de programa, en el centro médico San José en la ciudad de Piura.

El muestreo. Dado que la población en estudio es de carácter censal, es decir, es homogénea se ha optado por un muestreo no probabilístico por conveniencia, fijándose la muestra en 16 historias clínicas.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación es la técnica que sirvió para registrar la información seleccionada para el proceso de investigación, la cual se requiere para su aplicación el uso de fichas de recolección y organización de la información extraída de diferentes fuentes, (CARRASCO, y otros, 2017)

Guía de observación, que permitió registrar y resumir la información obtenida en base al análisis descrito

#### Historia Clínica

El medico experto utiliza ya sea por escrito o el soporte técnico más adecuado la información obtenida de sus pacientes, obteniendo como resultado un diagnostico

conciso de la enfermedad que posee, y todos los procesos asistenciales sanitarios engloba la historia clínica del paciente. (HERAS, y otros, 2019)

Tabla N° 1 Técnica e instrumento

<b>Indicadores</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Fuente</b>	<b>Informante</b>
Tiempo para el diagnóstico	Observación	Guía de observación.	Historia Clínica	Medico
Precisión de Diagnóstico	Observación	Guía de observación	Historia Clínica	Medico
Tiempo promedio para generar reporte de diagnóstico	Observación	Guía de observación	Historia Clínica	Medico

Elaboración: PROPIA

### 3.5. Procedimientos

Las guías de observación que se plantearon para la investigación buscaban medir las consultas para determinar si un paciente padecía de diabetes de tipo II. Para ello tuvimos que tabular en Excel 2019, durante la aplicación del instrumento. El siguiente paso fue enviar los datos tabulados del Excel al SPSS v25, se seleccionó el apartado de analizar para poder marcar los gráficos de normalidad, para aplicar la prueba de Shapiro Wilk debido a que la muestra es menor que 50, luego de obtener los resultados se determinó que la muestra es de una distribución normal para después aplicarle la prueba de t-student en la cual se determinó la aceptación de la hipótesis nula o la alternativa.

### 3.6. Métodos de Análisis de Datos

Para poder encarar la investigación se ha considerado aplicar como método la guía de observación, para llenar el instrumento en este caso la guía de observación se realizó un Pretest y Post test para luego pasar los datos obtenidos por un programa estadístico SPSS v25. Se aplicó la prueba de normalidad, así también se usó Shapiro-Wilk para estimar la media de una población que normalmente es pequeña o distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño, así mismo se consideró conveniente realizar la prueba t- student y para finalizar se utilizó la tabla de

frecuencia para conocer de manera gráfica las series de datos numéricos que se obtendrán al momento de realizar el test.

### 3.7. Aspectos Éticos

Los avances en la investigación que colaboran conocimiento conllevan a muchos beneficios; los mismos deben realizarse teniendo en consideración los criterios éticos de nivel profesional que pertenece. En la presente investigación se observa dentro de su desarrollo estos criterios, los cuales se han sabido respetar, como el de la participación intelectual. Las investigaciones y autores, de las mismas, han sido nombrados e incluidos en nuestra bibliografía y antecedentes dándoles el crédito de los aportes brindados a la presente investigación. Además, se tomó en consideración el consentimiento de la empresa para realizar las respectivas pruebas. Se respeta la confidencialidad de las personas que trabajan en la empresa.

## IV. Resultados

### 4.1 Indicador I: Duración de Consultas.

Este indicador busca medir el tiempo en minutos de la duración de la consulta para el diagnóstico de diabetes del tipo II dentro de la posta San José de Piura

Tabla Nº 2 Técnica e instrumento del indicador 1

N-º de ítem	Duración de consulta pretest	Duración de consulta Post-Test
1	20,00	20,00
2	20,00	10,00
3	30,00	20,00
4	30,00	15,00
5	35,00	25,00
6	30,00	10,00
7	30,00	15,00
8	35,00	25,00
9	40,00	15,00
10	30,00	20,00
11	30,00	25,00
12	35,00	20,00
13	30,00	20,00
14	40,00	15,00
15	35,00	15,00
16	45,00	20,00

Elaboración: Propia

Definición de variables:

TPD<sub>S</sub>: Temporalidad sin la implementación de aplicación.

TPD<sub>C</sub>: Temporalidad de entrega con la implementación de aplicación.

Hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: Tiempo para el diagnóstico es menor antes de la implementación del sistema experto.

$$H_0 = TPD_S - TPD_C \geq 0$$

H<sub>A</sub>: Duración de consulta es menor después de la implementación del sistema experto.

$$H_A = T_S - T_C < 0$$

Nivel de significancia:

El nivel de significancia fue un 5% para la prueba de la hipótesis. Por lo tanto, el nivel de confianza ( $1 - \alpha = 0.95$ ) pertenece a un 95%.



Prueba de normalidad del segundo indicador “Duración de consulta”

Con la finalidad de aplicar la prueba de hipótesis para el primer indicador se aplicó la prueba de normalidad. Como la muestra es de un tamaño de 16, se optó por la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos.

Tabla Nº 3 Técnica e instrumentos

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
duración en minutos cada consulta	,245	16	,011	,906	16	,100
duración en minutos cada consulta(post)	,215	16	,047	,894	16	,065

Elaboración: Propia

Como se puede apreciar en la tabla de normalidad obtenida, ambos indicadores son de una distribución normal por lo que se prosiguió a realizar la prueba de T-Student para hacer la prueba de hipótesis.

Tabla Nº 4 Resultado para el tiempo de diagnostico

T S		T C		Disminución	
Minutos	%	Minutos	%	Minutos	%
32	100%	18	56%	14	44%

Elaboración: Propia

Debido a que los datos fueron de una distribución normal se aplicó la prueba de T-Student para la hipótesis en la cual se obtuvo un nivel de significancia de 0,00 lo que significa que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa y como se observa en la tabla se obtuvo una disminución del 44% con respecto al resultado obtenido en el pretest.

Tabla Nº 5 Estadística de muestras emparejadas

Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
-------	---	---------------------	-------------------------

Par1	duracion en minutos cada consulta	32.1875	16	6.57489	1.64372
	Duración en minutos cada consulta (Post)	18.1250	16	4.7814	1.19678

Elaboración: Propio

F.E: SPSS V5

Tabla Nº 6 Correlaciones de muestras emparejadas

	N	Correlación	Sig.
Par1 Duracion en minutos cada consulta & duracion en minutos cada consulta (Post)	16	,192	,476

Elaboración: Propio

Figura Nº 2 Duración de Diagnostico

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	duracion en minutos cada consulta - duracion en minutos cada consulta(post)	14,06250	7,35272	1,83818	10,14451	17,98049	7,650	15	,000

F.E: SPSS V5

Elaboración: Propia

#### 4.2 Indicador II: Precisión de diagnóstico.

Este indicador busco medir si los diagnósticos realizados en las consultas eran correctos o no.

Tabla Nº 7 Precisión de Diagnostico

N-º de ítem	Precisión de diagnóstico pretest	Precisión de diagnóstico Pos-Test
1	1,00	1,00

2	1,00	1,00
3	1,00	1,00
4	1,00	1,00
5	1,00	1,00
6	2,00	2,00
7	1,00	1,00
8	1,00	1,00
9	1,00	1,00
10	1,00	1,00
11	1,00	1,00
12	1,00	1,00
13	2,00	1,00
14	1,00	1,00
15	1,00	1,00
16	1,00	1,00

Elaboración: Propia

Definición de variables:

PD<sub>s</sub>: Plazo de entrega sin la implementación de aplicación.

PD<sub>c</sub>: Plazo de entrega con la implementación de aplicación.

Hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: Los diagnósticos de los pacientes eran más precisos antes de la implementación del sistema experto.

$$H_0 = PD_s - PD_c \geq 0$$

H<sub>A</sub>: Los diagnósticos de los pacientes eran más precisos después de la implementación del sistema experto.

$$H_A = P_s - P_c < 0$$

Tabla N° 8 Resultado de precisión de diagnostico

P D		P D		Aument o	
Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
14	100 %	15	107 %	1	7%

Elaboración: Propia

Debido a que el programa estadístico SPSS no procesa los datos obtenidos durante la evaluación se pensó en aplicar pruebas aritméticas con las cuales se llegó a la conclusión de que la precisión de diagnósticos después de la implementación aumento un 7% con respecto a los datos obtenidos en el pretest.

#### 4.3 Indicador III: Tiempo promedio para generar diagnostico

Este indicador busca medir el tiempo en minutos de la duración del diagnóstico para la diabetes tipo II dentro del centro medio San José de Piura

Tabla N° 9 Técnica e instrumento del indicador 3

N-º de ítem	Tiempo para el diagnóstico pretest	Tiempo para el diagnóstico Post-Test
1	60,0 0	2,00
2	62,0 0	3,00
3	56,0 0	2,00
4	51,0 0	3,00
5	53,0 0	5,00
6	56,0 0	4,00
7	69,0 0	2,00
8	72,0 0	4,00
9	51,0 0	2,00
10	62,0 0	1,00
11	64,0 0	4,00
12	67,0 0	1,00
13	82,0 0	4,00
14	69,0 0	2,00
15	59,0 0	2,00
16	78,0 0	1,00

Elaboración: Propia

Definición de variables:

TPD<sub>s</sub>: Temporalidad sin la implementación de aplicación.

TPD<sub>c</sub>: Temporalidad de entrega con la implementación de aplicación.

Hipótesis estadística:

H<sub>0</sub>: Tiempo para el diagnóstico es menor antes de la implementación del sistema experto.

$$H_0 = TPD_s - TPD_c \geq 0$$

H<sub>A</sub>: Tiempo para el diagnóstico es menor después de la implementación del sistema experto.

$$H_A = T_S - T_C < 0$$

Nivel de significancia:

El nivel de significancia fue un 5% para la prueba de la hipótesis. Por lo tanto, el nivel de confianza ( $1 - \alpha = 0.95$ ) pertenece a un 95%.

Prueba de normalidad del segundo indicador “Tiempo para el diagnóstico” aplicaba la prueba de hipótesis para el primer indicador se aplicó la prueba de normalidad. Como la muestra es de un tamaño de 16, se optó por la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos.

Tabla N° 10 Prueba de normalidad Tiempo para el diagnostico

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TDIAG	,114	16	,200*	,954	16	,561
TDIAG 2	,253	16	,007	,892	16	,060

La tabla de normalidad obtenida, ambos indicadores son de una distribución normal por lo que se prosiguió a realizar la prueba de T-Student para hacer la prueba de hipótesis.

Tabla N° 11 Tabla de normalidad

TPD S		TPD C		DISMINUCIÓN	
Minutos	%	Minutos	%	Minutos	%
63,2	100	2,6	4,1	60,6	95,9

Debido a que la muestra de los datos tiene una distribución normal por lo cual se aplicó la prueba de T-Student para determinar cuál hipótesis es la correcta. Según la prueba aplicada se obtuvo un coeficiente de significancia de 0,00 siendo este menor al 0,05 la cual rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna la

cual nos dice que el tiempo para el diagnóstico se ha reducido en un 95.9%

Tabla N° 12 Prueba de Muestras

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					T	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	TDIAG - TDIAG2	60,56250	9,41608	2,35402	55,54503	65,57997	25,727	15	,000

Elaboración: Propia

## V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados analizados en la presente investigación el cual se estableció una mejora significativa con respecto al diagnóstico de diabetes tipo II en el centro médico San José Piura, el sistema experto fue similar al estudio

realizado en España que existe una relación significativa entre la ciencia tecnológica y la salud, logro a partir de la tecnología en la medicina (La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina II: importancia actual y aplicaciones prácticas, 2020).

Según la revista de (Diabetes mellitus tipo 2 en Perú: una revisión sistemática sobre la prevalencia e incidencia en población general, 2019), dijo que en los últimos años se detectó un aumento de personas afectadas por diabetes Tipo II siendo su prevalencia de 1 a 8% de la población, en sus resultados siendo Piura y Lima los departamentos con mayores casos posibles con esta enfermedad.

La población diabética oscila entre los 20 y 65 años, según los datos proporcionados por él (SALUD, MINISTERIO DEI PERU, 2015) nos dice que más de un millón de peruanos padecen de este mal crónico.

Sin embargo, para dar un diagnóstico certero, el médico se basa en los síntomas de pacientes y en criterios bioquímicos. La poca experiencia de médicos principiantes puede provocar un diagnóstico erróneo y que las recomendaciones no sean adecuadas, poniendo en riesgo al paciente. (VERA, 2016).

Según lo mencionado anteriormente, la mayoría de peruanos padece de esta enfermedad, por lo que debido a esto se determina que es importante desarrollar una herramienta que ayude a diagnosticar la diabetes tipo II.

Por esto en la investigación se evalúa la mejora de este proceso mediante el apoyo que un sistema experto puede brindar a dicho diagnóstico, cabe resaltar que existen distintas metodologías para el desarrollo de un sistema experto, pero muy pocas son la que conllevan a un buen desarrollo en el ámbito de la medicina. En la comparación de la investigación de (DELGADO, y otros, 2015) que comparan distintas metodologías se han tomado en cuenta la conclusión en donde la implementación de la metodología Buchanan es muy efectiva ya que se acopla a las necesidades del proyecto con el diagnóstico de enfermedades.

Durante la investigación trabajamos con el primer objetivo específico el cual mide, la precisión del diagnóstico se obtuvo luego de aplicar un pretest utilizando la técnica de la observación en el centro de salud San José-Piura, con ayuda de las historias clínicas la cual fue una muestra de 16.

Para determinar la normalidad de los datos se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk,



La duración de consulta en la presente investigación buscó medir cuanto demora el medico en diagnosticar la diabetes tipo II, el cual se ha visto afectado de manera positiva durante el desarrollo de esta investigación. Debido a la muestra de características fue de una cantidad menor a 75 ítems tuvimos que aplicar la prueba de Shapiro-Wilk la cual nos ayudó a determinar la normalidad de los datos. Y por cuyos resultados brindados, optamos por usar la prueba de T-Student debido a que los datos de la muestra son normales. Luego de aplicar la prueba de T-Student concluimos que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. La cual indica que el porcentaje de mejora con respecto al pretest siendo esta una disminución de 14 minutos lo cual representa el 44% con respecto al resultado original que era de 32 minutos el tiempo promedio de entrega.

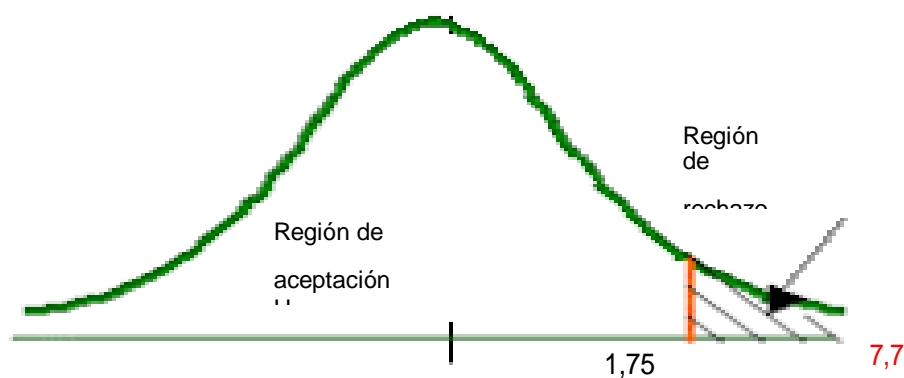


Figura N° 3 Punto critico

En la figura se observa el valor de  $t$  siendo este de 9,94. El punto crítico es 1,78 por lo cual podemos interpretar que nuestro valor  $t$  está en la zona de rechazo y que por lo tanto aceptamos la hipótesis alternativa.

El sistema experto Basado en reglas, que se basa en trabajar con la aplicación por distintas reglas que comparan resultados y aplican nuevas reglas y esto hace que se basen en situación modificadas (Gutiérrez, 2016).

En la evaluación y selección de la técnica usada, según (ARENAS, y otros, 2015) nos dice que la tarea del ingeniero en conocimiento consiste en la selección de medios adecuados para almacenar simbólicamente tal información. Esta técnica se utilizó para el cerebro que es motor de inferencia en la presente investigación, poniendo la información del experto humano simbólicamente al lenguaje de programación Java y como resultado muestra un diagnóstico eficiente. Puesto que los primeros SE usaban el formalismo basado en reglas en el ámbito de la medicina, un ejemplo claro es el sistema MYCIN, que consiste en el diagnóstico de infección de la sangre que es típica de la estructura IF... THEN, que se puede determinar cómo verdaderas o falsas. Por lo consiguiente se puede enlazar con operadores booleanos, como el uso del AND.

El desarrollo e implementación de este proyecto permitió gestionar mejor los servicios en el área de la diabetes, los resultados de manera eficaz y confiable al razonamiento del sistema experto. Esto sirve a las nuevas alternativas en los objetivos que impone el ministerio de salud y la complacencia del paciente.

En nuestra justificación social, el sistema experto ayudará a la sociedad, tanto como las personas y distintas instituciones de distintas áreas que están involucradas en la prevención y diagnóstico de dichas enfermedades.

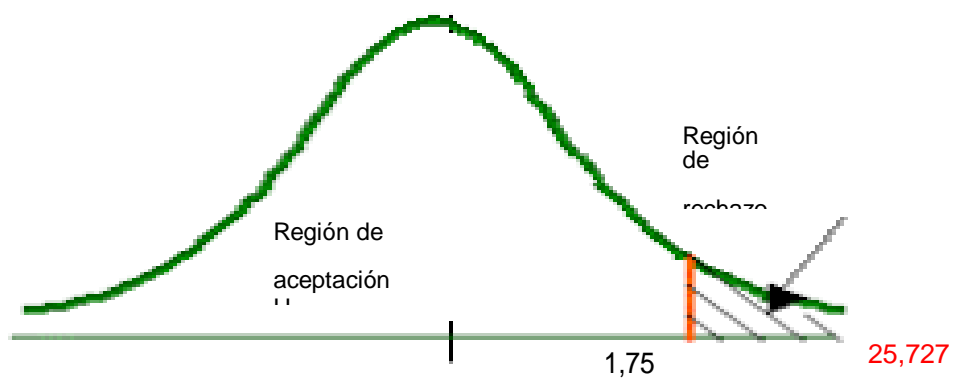
Según (Gutierrez 2016) Dentro del motor de inferencia los expertos usan distintas reglas. Discute las reglas de inferencia: Modus Ponens, Modus Tollens y las estrategias de inferencia, encadenamiento de reglas orientadas a un objetivo, y se utilizan para la obtención de conclusiones compuestas y simples.

En el segundo indicador, que fue la precisión de diagnóstico el cual se determinó aplicaciones de pruebas aritméticas debido que el spssv5 no procesan los datos obtenidos en las pruebas.

Se resalta la relevancia de esta investigación en el ámbito social en el cual se realizó fue conocer las necesidades del centro médico y adaptarse a los requerimientos del gerente interesado. Mejorando significativamente el diagnóstico en el área de diabetes dentro del centro médico San José-Piura y facilitando una herramienta confiable para este fin. En el ámbito científico se genera nuevo conocimiento al investigar conocimiento con respecto a las nuevas metodologías

para la elaboración de los sistemas expertos y además de cómo se genera la duración de diagnóstico disminuyendo el tiempo que tarda el doctor experto en diagnosticar la diabetes tipo II.

Para finalizar con el tercer indicador luego de aplicar el sistema experto en el centro médico San José Piura obtuvimos una disminución de 60% en el proceso de tiempo para el diagnóstico lo cual significa una disminución de 60,6 minutos en promedio y al contrastar con uno de nuestros antecedentes (BASH. Gupioc Ventura, 2018) el cual tuvo como resultado una disminución de un 77% en su indicador de tiempo para el reporte de diagnóstico pudimos concluir que nuestro sistema experto fue un 18.9% más afectivo



## VI. CONCLUSIONES

1. De la investigación realizada se pudo concluir que el objetivo de reducción de tiempo para el diagnóstico de la diabetes tipo II, logro una reducción del mismo de 14 minutos por consulta realizada lo cual representa un 44% de mejora aceptada.
2. Asimismo, el porcentaje de error durante el proceso de sintomatología del sistema respecto al diagnóstico de paciente, mejoro significativamente ya que se le logro mejorar la precisión del diagnóstico, siendo este un 7% más efectivo.
3. De igual forma, se logró implantar un sistema experto desarrollado con la metodología Buchanan en el centro médico San José-Piura el cual ayuda a mejorar el diagnóstico de la diabetes tipo II, dando como resultado una mejora del 95.9%.
4. Del análisis expuesto se pudo confirmar que el sistema experto apoya significativamente al diagnóstico de la diabetes tipo II del centro médico San José-Piura.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los futuros investigadores a buscar antecedentes más específicos con respecto al tema que se desee investigar, debido a que al momento de hacer la discusión se les hará más sencillo contrastar sus resultados con los resultados de otros investigadores.
- Se recomienda a los futuros investigadores explorar más a fondo las herramientas actuales de implantarlo en web o una app para mejorar la complejidad con respecto a la difusión o facilidad para en cualquier lugar ejecuten el sistema experto.
- También se recomienda a los investigadores que antes de empezar con el desarrollo del sistema experto indaguen sobre metodologías más actuales que busquen cursos de desarrollo de un sistema experto para que cuando empiecen con el desarrollo ya tengan una base teoría y un procedimiento mucho más confiable.
- Para finalizar se recomienda a los futuros investigadores que experimenten con el lenguaje kotlin que es compatible con java debido y además trae algunas características que pueden ser de ventaja durante el desarrollo del sistema experto.

## REFERENCIAS

1. Abad Grau, Maria, Lerache, Jorge Salvador y Cervino , Claudio. 2010. Aplicación de redes bayesianas en el modelado de un sistema experto de triaje en servicios de urgencias médicas. s.l. : Repositorio UNLP, 2010. 978-950-763-075-0.
2. Arenas, Grabiél, y otros. 2015. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS. Argentina : Mendoza, 2015. pág. 188. ISSN 950-073-6.
3. ARIAS, Victor Humberto. 2019. Sistema Experto para el diagnostico De Enfermedades Respiratrias Cronicas en el Distrito la esperanza-Provincia de Trujillo. Trujillo : Repositorio de la Universidad Privada del Norte, 2019.
4. BADARO, Sebastian, Ibañez, Leonardo Javier y Agüero, Martín Jorge. 2014. Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodología Y Aplicaciones, Ciencia y Tecnología. Buenos Aires : Ciencia y Tecnología,, 2014. pág. 364. 1850-0870.
5. Baena, Guillermina. 2016. Metodología de la investigación. [En línea] 2016. <https://es.calameo.com/read/0025311676a201f9a4193>.
6. Başçiftçi F y Avuçlu E. 2018. An expert system design to diagnose cancer by using a new method reduced rule base. Amsterdam : Elsevier Scientific Publishers, 2018. 01692607 .
7. BLAS AMERICO, Rodríguez, y otros. 2018. Sistema Experto y uso de Lógica Proposicional para el diagnostico preventivo de la diabetes tipo 2 para determinar la potencial existencia de la enfermedad ¿. Bolivia : UTEPSA, 2018. 2523-9635.
8. Capurro, Daniel y Rada, Grabiél. 2017. El proceso de Diagnostico. Chile : Rev med chile, 2017. 0034-9887.
9. Carrasco, Simona María Parraguez, y otros. 2017. El estudio y la investigación documental: Estrategias metodológicas y herramientas TIC. Chiclayo : EMDECOSEGE S.A., 2017. 978-612-00-2603-8.

10. Casal-Guisande M, y otros. 2020. Design and Development of a Methodology Based on Expert Systems, Applied to the Treatment of Pressure Ulcers. Spain : MDPI AG , 2020. 20754418 .
11. Castillo, Enrique, Gutierrez, Jose Manuel y Hadi , Ali. 2015. Sistemas Expertos y Modelos de redes Probabilisticas. España : Opaque this, 2015. 14853-3901.
12. CHACALTANA, Harld Anderson. 2017. Sistema Experto para el Diagnóstico de Enfermedades Respiratorias en el Hospital Central de la Policía Nacional del Perú Luis N. Sáenz. Lima : Repositorio Inca Garcilaso de la vega, 2017.
13. DARLINGTON, KEITH. 2017. El comienzo de la era de la Inteligencia Artificial. INTELIGENCIA ARTIFICIAL. [En línea] 4 de Enero de 2017. <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia/inteligencia-artificial/el-comienzo-de-la-era-de-la-inteligencia-artificial/>.
14. DELGADO, Linda, Cortez Vasquez, Augusto y Inbañez Prentice, Esteban. 2015. 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. Lima : Industrial Data, 2015. 1810-9993.
15. Diabetes mellitus tipo 2 en Perú: una revisión sistemática sobre la prevalencia e incidencia en población general. LARCO, CARRILLO, Bernabe, Antonio y Merino, Rodrigo. 2019. Lima : Seiflo Peru, 2019. 1726-4634.
16. Diez, Raul, Gomez Gomez, Alberto y Abajo Martinez, Nicolas. 2016. Introduccion a la Inteligencia Artiifical: Sistemas Expertos, Redes neuronales artificiales y computacion Evolutica. s.l. : Casa del libro, 2016. 84-8317-249-6.
17. Durkin, John. 2019. EXPERT SYSTEMS DESIGN AND DEVELOPMENT. Virginia. Estados Unidos : Macmillan, 2019. 0023309709.

18. Grady, Denise. 2018. New Fronts In the War On Diabetes In Adults. New York : New York Times , 2018. 0362-4331.
19. Hamedan, F, Orooji y Sheikhtaheri , A. 2020. Clinical decision support system to predict chronic kidney disease: A fuzzy expert system approach. Iran : Int J Med Inform, 2020. 13865056 .
20. Heras, Roman y Sanchez, Dennis. 2019. Sistemas Expertos Basados en Reglas. Honduras : UNAH, 2019.
21. Hernandez Ayala, Herman. 2016. Analisis Documental del proceso de ilusion en la educacion. Mexico : Ra XIMHAY, 2016. 1665-0441.
22. La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina II: importancia actual y aplicaciones prácticas. AVILA, tomas, Mayer Pujada y QUESADA. 2020. España : Elsevier España, S.L.U., 2020. 0212-6567.
23. Lozada, Jose. 2016. Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Ecuador : CienciaAmericana, 2016. 1390-9592..
24. MANTARAS, Ramon y Meseguer Gonzales, Pedro. 2017. Inteligencia artificial. Madrid : CSIC, 2017. 978-84-00-10233-3.
25. Morales, Alfredo y Raykenier, Medina. 2016. Mode/sfor the diagnosis, treatment and monitoring of patients with high blood pressure. Cuba : RCCI, 2016. 1994-1536.
26. Mutawa AM y Alzuwawi MA. 2019. Multilayered rule-based expert system for diagnosing uveitis. Amsterdam : Elsevier Science Publishing, 2019. 09333657 .
27. Ñaupas Paitan, Humbert, Mejia, Elias y Novoa Ramirez, Alberto. 2016. Metodologia de la investigacion Cuantitativa - Cualitativa y redaccion de la tesis. Bogota : Educacion, 2016. 978-958-762-188-4.



28. OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudi. Chile : International Journal of Morphology, 2017. 0717-9502.
29. Parragues Castro y Simona, Maria. 2017. El estudio y la investigación documental : estrategias metodológicas y herramientas TIC. Chicalyo : Emdecosege, 2017, 2017. 9786120026038..
30. Pastorere RL y Murray JA. 2019. Physician Review of a Celiac Disease Risk Estimation and Decision-Making Expert System. New York : MEDLINE, 2019. 07315724 .
31. Peters, Anne. 2015. Case study: Making the clinical diagnosis of type 2 diabetes based on family history. absterdan : Clinical Diabetes, 2015. 325410.
32. Petrović, Ivan, Bočvarski, Valerij y Petrović, Violeta. 2016. Expert systems in physics: Methodology and application. Serbia : Physics Essays, 2016. 0836-1398.
33. Pulso. 2016. Reminders on diabetes. Recordatorios sobre diabetes . 23, 2016, Vol. 63, 74.
34. Ramiro Meza y Lasserre, Alberto. 2018. Sistema experto difuso para el control metabólico en pacientes con diabetes mellitus tipo 2. mexico : Scielo, 2018. 0188-6266.
35. Rojas Cairampoma , Marcelo. 2015. Tipos de Investigacion: Una simplificacion de la complicada incoherente. España : REDVET, 2015. 1695-7504.
36. SALUD, MINISTERIO DEI PERU. 2015. DIABETES: PROYECCION EN PERU PARA EL PERIODO 2000-2025. LIMA : minsa, 2015.
37. Segura, Jason M. y Reiter, Albert C. 2018. Expert System Software: Engineering, Advantages, and Application. New York : EBSCOhost, 2018. 9781622571499.

38. Serrano atenea , Alonso. 2018. Metodos de Investigacion de enfoque experimental. Chile : Calameo, 2018.
39. TAVANA, Madjid y Hajipour, Vahid. 2020. A practical review and taxonomy of fuzzy expert systems: methods and applications. Alemania : Benchmarking, 2020. 1463-5771.
40. Torres, Mariela y Salazar, Federico. 2019. METODOS DE RECOLECCION DE DATOS PARA UNA. Mexico : Udgvirtual, 2019.
41. Veloza , Rodriguez y Allan Steven. 2017. Sistema experto de apoyo para el diagnóstico y tratamiento de la neumonía en cerdos. Colombia : Scientia Et Technica, 2017. 0122-1701.
42. VERA, OSCAR. 2016. ASPECTOS ÉTICOS Y LEGALES EN EL ACTO MÉDICO. Scielo. [En línea] Rev. Méd. La Paz v.19 n.2, diciembre de 2016. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-89582013000200010](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582013000200010). 1726-8958.
43. YURIN, Aleksandr Yurievich, y otros. 2018. Designing rule-based expert systems with the aid of the model-driven development approach. Nueva York : Wiley-Blackwell, 2018. 0266-4720.

**ANEXO 04:**

Tabla N° 13 Matriz de Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>SISTEMA EXPERTO DESARROLLADO CON LA METODOLOGÍA BUCHANAN</b>	Desarrollo de la metodología para la construcción de un Sistema Experto desarrollado para resolver problemas. (MANTARAS, y otros, 2017)	Esta variable se enfoca en complejidad funcionalidad, facilidad y confiabilidad obtenida para llenar los indicadores. (HERAS, y otros, 2019)		Pruebas de aceptación	
<b>Diagnóstico de la enfermedad diabetes tipo II</b>	Examinar La enfermedad de diabetes tipo II. (DURKIN, 2019)	La metodología Buchanan nos ayudar a la recolección de datos para la elaboración del sistema experto. (DIEZ, y otros, 2016)	Confiabilidad (CHACALTANA, 2017)	Precisión de Diagnóstico	De Razón
			Temporalidad (MANTARAS, y otros, 2017)	Duración de consulta	De Razón
				Tiempo promedio para generar reporte de diagnóstico	De razón

Elaboración: Propia

## ANEXO 05:

### Matriz De consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicador	Formula	Método
Principal	General	General	Independiente				Tipo de Investigación Aplicada (Lozada 2014)
¿Cómo un sistema experto desarrollado con la metodología Buchanan diagnosticara la diabetes tipo 2 en el Centro médico San José-Piura?	Es implementar un Sistema experto desarrollado con la metodología Buchanan que diagnostique la enfermedad Diabetes tipo II en el Centro médico San José-Piura.	El Sistema Experto ayuda significativamente al diagnóstico de pacientes con Diabetes Tipo II en el centro médico San-José, Piura.	SISTEMA EXPERTO DESARROLLADO CON LA METODOLOGÍA BUCHANAN				Diseño de investigación Experimental Del tipo Pre-Experimental (Lozada 2014)
Específicos	Específicos	Específicos	Dependiente	Confiabilidad (Caballero y Humberto 2019, p.64).	Precisión de Diagnóstico		Población Como promedio un total de 73 Historias clínicas
a) ¿Cómo un Sistema experto desarrollado con la metodología Buchanan diagnosticará de forma temprana la enfermedad Diabetes tipo II? b) ¿Cómo un Sistema experto desarrollado con la metodología Buchanan diagnosticará de forma correcta la enfermedad Diabetes tipo II?	<b>OE1.</b> Disminuir el tiempo de atención de los pacientes con Diabetes Tipo II. <b>OE2:</b> Reducir los errores durante el registro de la información respecto al estado del Paciente.	Implementar un Sistema experto para mejorar el diagnóstico de la Diabetes tipo 2 en el Centro médico San José-Piura.	DIAGNÓSTICO DE LA ENFERMEDAD DIABETES TIPO II.	Temporalidad Chacaltana La Rosa y Harold Anderson (2017) Chacaltana La Rosa y Harold Anderson (2017)	Duración de consulta Chacaltana La Rosa y Harold Anderson (2017) Mántaras González (2017).	Temporalidad sobre el diagnostico	Muestra incidencias
					Tiempo promedio para generar diagnostico		Muestreo Muestreo aleatorio simple
							Técnica Fichaje (Carrasco et al. 2017)
							Instrumento Guía de observación

ELABORACION: PROPIA

ANEXO 06:

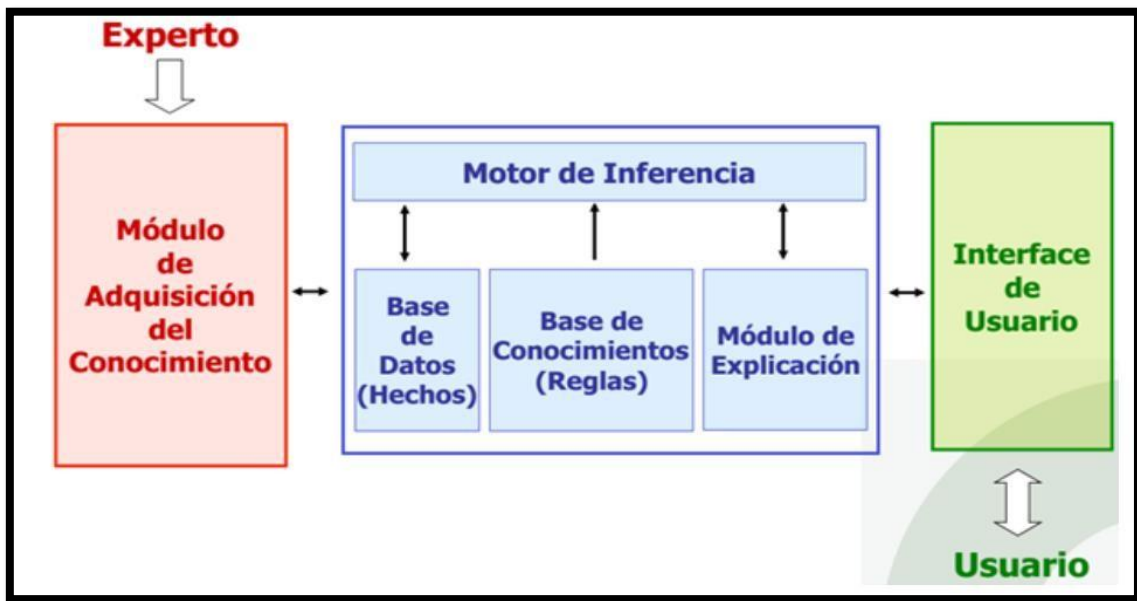


Figura N° 4 Motor de inferencia

ANEXO 07:

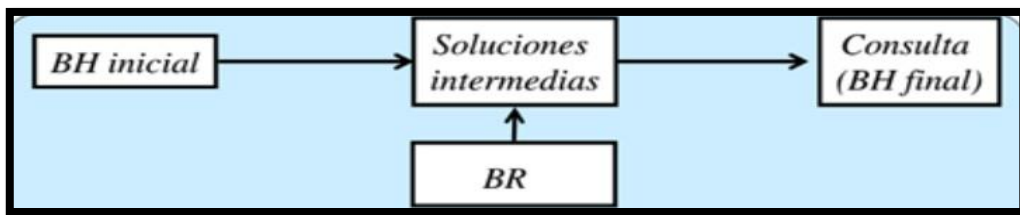


Figura N° 5 Encadenamiento hacia Adelante

ANEXO 08:

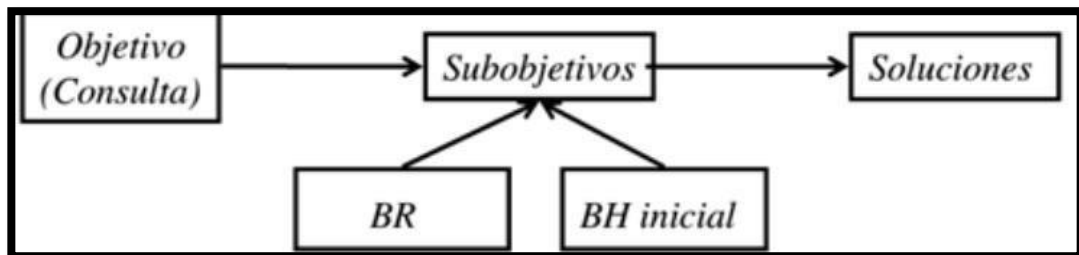


Figura 6 Encadenamiento hacia atrás

## ANEXO 09

### A. SOFTWARE

Sistema que se utiliza para la ejecución del software y planificación del proyecto.

Tabla N° 14 Costo del software

SOFTWARE	DESCRIPCION	LICENCIA	CANTIDAD	COSTO. UNI.	TOTAL
WINDOWS 10	SISTEMA OPERATIVO	ACADEMICA	01	0	0.00
MS OFFICE 2019	OFICINA	ACADEMICA	01	0	0.00
NETBEANS 8.0.2	LENGUAJE DE PROGRAMACION JAVA	LIBRE	01	0	0.00
<b>TOTAL</b>					0.00

Elaboración: Propia

F.E: M.S WORD 2019

### B. HARDWARE

Equipos o depósitos físicos necesarios para la elaboración del proyecto.

Tabla N° 15 Costo del Hardware

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO. UNI.	TOTAL
1.6.2 2.3.1	Core i3, 4gb ram, 500GB	01	1.700.00	1.700.00
MS OFFICE 2019	Core i7, 8GB RAM, 1T	01	4.000.00	4.000.00
<b>TOTAL</b>				5.700.00

Elaboración Propia

MS WORD 2019 COSTO DE DESARROLLO

### C. Materiales

Tabla de costo de Materiales

Tabla 16 Costo de materiales

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO. UNI.	TOTAL
1.3.1 5.1.2	Papel	01	20.00	20.00
1.6.2. 2.3.1	Lapiceros	01	1.00	1.00

	USB	01	25.00	25.00
	<b>TOTA</b>			<b>46.00</b>
	<b>L</b>			

Elaboración: propia

d. Personal

Tabla N° 17 Tabla de costo de personal.

<b>CODIGO</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>FUNCION</b>	<b>PAGO HORA.</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1.3.3 3.1.5</b>	Periche Huarcaya kevi	TESISTA	15.00	15.00
<b>1.3.3 3.1.99</b>	Mariñas Torres Jefferson	TESISTA	30.00	30.00
<b>TOTAL</b>				<b>45.00</b>

Elaboración Propia

F.E: MS WORD 2019

e. Consumo de Energía

Tabla 18 Consumo de energía

<b>CODIGO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CONSUMO (KW/H)</b>	<b>COSTO (KW/H)</b>	<b>TIEMPO (MESES)</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1.3.3.9.52.18</b>	Computadora	TESISTA	0.33	0.45	3	94.5
	Impresora	TESISTA	0.15	0.45	3	4.05
<b>TOTAL</b>						<b>98.55</b>

Elaboración Propia

F.E: MS WORD 2019

Tabla N° 19 Servicio Web

<b>CODIGO</b>	<b>PERSOLAN</b>	<b>MESES</b>	<b>C. XMES</b>	<b>TOTAL(S/.)</b>
<b>1.3.39</b>	Servicio WEB	12	6.67	80.00
<b>TOTAL</b>				<b>80.00</b>

Elaboración Propia

F.E: MS WORD 2019

G. MANTENIMIENTO

Tabla 20 Tabla de costo de mantenimiento

<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>HORAS ANULADAS</b>	<b>C. X HORA</b>	<b>TOTAL(S/.)</b>
<b>1.3.39</b>	MANTENIMIENTO APLICATIVO EXPERTO	37	15.00	555.00
<b>TOTAL</b>				<b>555.0</b>



L

*Elaboración Propia*

| 0

F.E: MS WORD

## ANEXO 10:

### DESCRIPCIÓN DE LA IDENTIDAD

Es un centro de salud ubicado en URB. San José Piura, en la cual brinda servicios de atención a distintos pacientes, tiene distintas áreas entre, su abastecimiento tiene el área que brinda tratamiento a diabéticos en la que apoyan a contrarrestar esta enfermedad.

C.S. SAN JOSE-PIURA



Figura 7 Centro médico San José

Elaboración: GOOGLE MAPS

## ANEXO 11. Guía de Observación PRE-TEST

Ficha de Registro de Historia Clínica	
<b>Autor:</b>	Periche Huarcaya Kevi
<b>Organización:</b>	Centro Médico San José
<b>Fecha Inicio:</b>	01-10-2019
<b>Fecha Fin:</b>	31-01-2020
<b>Objetivo</b>	Medir la confiabilidad del experto Humano y el tiempo promedio.

Variable	Indicador
Diagnóstico de la enfermedad diabetes tipo II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de consultas realizadas.</li> <li>• DP = Diagnostico De Pacientes.</li> <li>• EP = Estado del Paciente.</li> <li>• PD= Precisión de Diagnostico</li> <li>• Temporalidad (Tiempo promedio)</li> <li>• Tiempo promedio para generar diagnostico (TD)</li> </ul>

Ítem	Fecha	Hora Inicio/Fin	Duración de Consulta	TD	DP	EP	PD
1	15 Sep-2020	10am/10.30pm	30min	60,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
2	16 Sep-2020	10am/10.25pm	25min	62,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
3	18 Sep-2020	10am/10.25pm	30min	56,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
4	19 Sep. - 2020	10am/10.25pm	25min	51,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
5	20 Sep. - 2019	10am/10.25pm	25min	53,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
6	22Sep t-2019	10am/10.25pm	25min	56,00	D TIPO II	Colesterol alto	NO
7	23 Sep -2019	10am/10.25pm	25min	69,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
8	25 Sep -2019	10am/10.25pm	25min	72,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
9	26 Sep -2019	10am/10.25pm	25min	51,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
10	27 Sep - 2019	10am/10.25pm	25min	62,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
11	28 Sep - 2019	10am/10.25pm	25min	64,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
12	29 Sep -2019	10am/10.25pm	25min	67,00	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI

13	30 Sep -2019	10am/10.25pm	25min	82,0 0	D TIPO II	Colesterol alto	NO
14	1 oct-2019	10am/10.25pm	25min	69,0 0	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
15	3 oct-2019	10am/10.25pm	25min	59,0 0	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
16	14 Oct-2019	10am/10.25pm	25min	78,0 0	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
<b>Promedio</b>			32min				SI

Tabla 21 Guía de observación Pre-Test

## ANEXO 12: Guía de observación Post-Test

Ficha de Registro de Historia Clínica	
<b>Autor:</b>	Periche Huarcaya Kevi
<b>Organización:</b>	Centro Médico San José
<b>Fecha Inicio:</b>	01-10-2019
<b>Fecha Fin:</b>	31-01-2020TD
<b>Objetivo</b>	Medir la confiabilidad del experto Humano y el tiempo promedio.

Variable	Indicador
Diagnóstico de la enfermedad diabetes tipo II	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de consultas realizadas.</li> <li>• DP = Diagnostico De Pacientes.</li> <li>• EP = Estado del Paciente.</li> <li>• PD= Precisión de Diagnostico</li> <li>• Temporalidad (Tiempo promedio)</li> <li>• Tiempo promedio para generar diagnostico (TD)</li> </ul>

Ítem	Fecha	Hora Inicio/Fin	Duración de Consulta	TD	DP	EP	PD
1	15 Sep-2020	10am/10.30pm	20,00	2,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
2	16 Sep-2020	10am/10.25pm	10,00	3,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
3	18 Sep-2020	10am/10.25pm	20,00	2,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
4	19 Sep. - 2020	10am/10.25pm	15,00	3,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
5	20 Sep. - 2019	10am/10.25pm	25,00	5,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
6	22 Sep t-2019	10am/10.25pm	10,00	4,00 min	D TIPO II	Colesterol Alto	NO
7	23 Sep -2019	10am/10.25pm	15,00	2,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
8	25 Sep -2019	10am/10.25pm	25,00	4,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
9	26 Sep -2019	10am/10.25pm	15,00	2,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
10	27 Sep - 2019	10am/10.25pm	20,00	1,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
11	28 Sep - 2019	10am/10.25pm	25,00	4,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
12	29 Sep -2019	10am/10.25pm	20,00	1,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI

13	30 Sep -2019	10am/10.25pm	20,00	4,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
14	1 oct-2019	10am/10.25pm	15,00	2,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
15	3 oct-2019	10am/10.25pm	15,00	2,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
16	14 Oct-2019	10am/10.25pm	20,00	1,00 min	D TIPO II	Diabetes tipo II	SI
<b>Promedio</b>			18min				SI

## **ANEXO 13:**

### **DESARROLLO DE LA METODOLOGIA BUCHANAN**

#### Desarrollo de la solución

Considerando las condiciones de la presente investigación, se seleccionó el Sistema Experto Basado en reglas, ya que el sistema experto basado en reglas es el método más adecuado a nuestro problema y la metodología Buchanan para la construcción del mismo.

#### Evaluación y selección de la técnica usada

1. Sistemas expertos basado en reglas
2. Sistemas expertos probabilísticos

Los sistemas basados en reglas son una herramienta eficiente para tratar estos problemas.

Las reglas deterministas constituyen la más sencilla de las metodologías utilizadas en sistemas expertos. La base de conocimiento contiene las variables y el conjunto de reglas que definen el problema, y el motor de inferencia obtiene las conclusiones aplicando la lógica clásica a estas reglas.

#### El Motor de Inferencia

Se encarga de gerenciar y controlar lógicamente el manejo y utilización del conocimiento almacenado en la base.

#### Modus Ponens:

Se utiliza para obtener conclusiones simples, en ella se analiza la premisa de la regla, y si es cierta, la conclusión entra a formar parte del conocimiento.

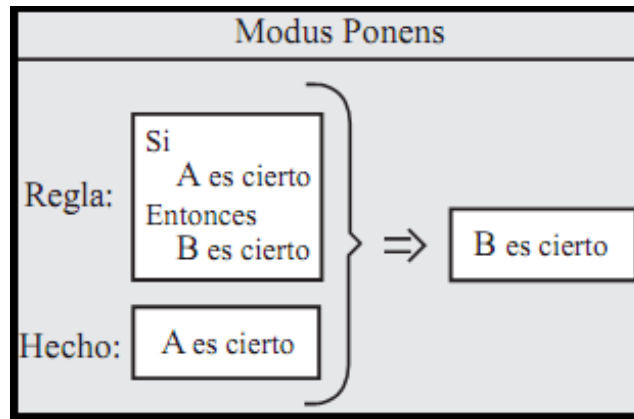


Figura N° 8 Modus Ponens

Modus Tollens:

En este caso se examina la conclusión, y si es falsa, se concluye que la premisa también es falsa.

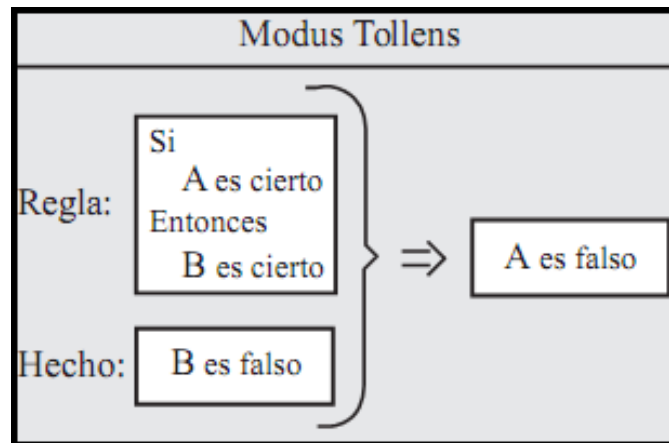


Figura N° 9 Modus Tolles

Metodología para desarrollar sistemas expertos

Después de evaluar las alternativas de metodologías se eligió la metodología Buchanan

Metodología Buchanan

La metodología Buchanan brinda un instrumento lógico para la sistematización del conocimiento en el área de la Diabetes clase 2 que servirá como apoyo para la realización de un debido diagnóstico.

Estas son las 5 fases de la metodología Buchanan:



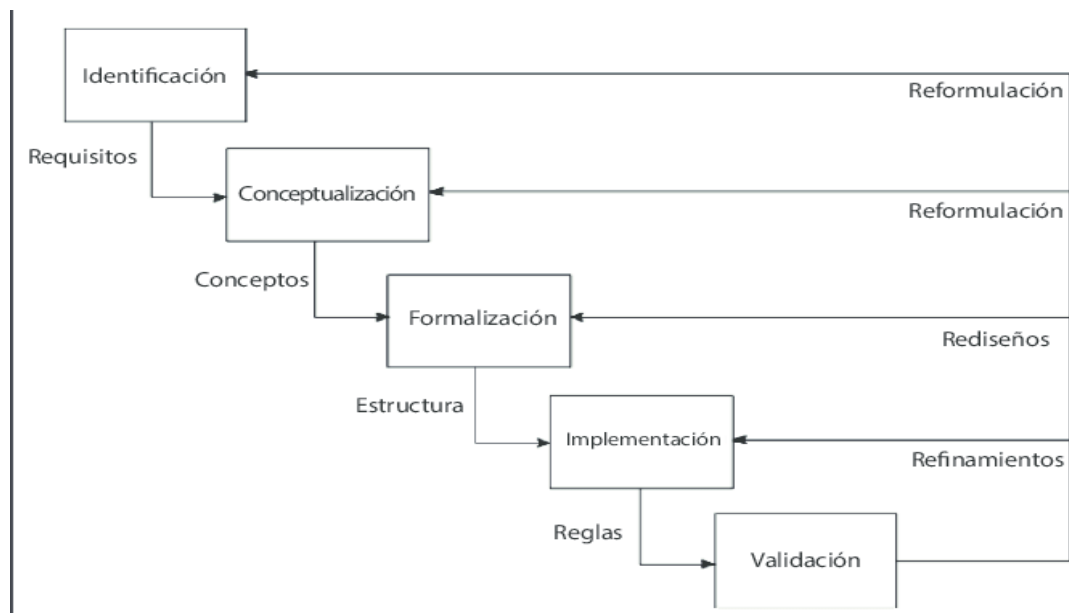


Figura 10 Fases de la metodología Buchanan

## A) IDENTIFICACION

Problema:

En los últimos años en el Perú y específicamente en la ciudad de Piura se ha detectado un aumento considerable de personas afectadas por la diabetes tipo II.

Cada año se registran miles de nuevos casos dentro de la población que oscila entre 20 y 65 años, de acuerdo a los datos que proporciona el Ministerio de Salud.

Solución:

Implementar un sistema experto desarrollado con la metodología buchanan que sirva de apoyo no solo a dichos especialistas sino a toda la comunidad en general con el fin de lograr un diagnostico oportuno de la enfermedad y evitar posibles complicaciones o incluso la muerte.

Familiarización con el dominio

Para familiarizarse con el problema y el dominio se realizaron entrevistas al experto para validar la información encontrada y enriquecer la misma. Una vez identificados el problema y el dominio se pasa a identificar las tareas de sistema experto.

Tareas del Sistema Experto:

- Permitir ingresar los síntomas y factores relacionados a la enfermedad para crear la base de conocimiento.
- Brinda un diagnóstico de la enfermedad expresado en porcentaje.
- Permite el ingreso de nuevo conocimiento a la base de conocimiento inicial.

## **B) CONCEPTUALIZACION**

En esta fase se procederá a la adquisición del conocimiento del sistema experto; en este caso se necesita obtener la información del Modus Ponens y del Modus Tollens que utilizaremos.

Información cualitativa del modelo (Variables)

Variables objetivo principal:

- Diabetes Tipo 2 (DT2)

### **Síntomas de presentación Diabetes Tipo 2:**

Variable Principal

- Familiar que padece de esta enfermedad (FE)
- Pérdida de peso inexplicable (PI)

Variable Secundarias

- Entumecimiento de Manos Y Pies (EMP)
- Hambre Excesiva (HE)
- Pérdida de peso (PP)
- Aumento de fatiga y debilidad (AFD)
- Hambre Excesiva (HE)

### **Información del Modus Ponens y Modus Tollens**

El Modus 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 pasa a formar parte del conocimiento.

La regla de inferencia Modus 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

### C) Formalización

Se construirá el modelo de inferencia basado en reglas “Motor de inferencia”. Para realizar estas tareas utiliza estrategias de inferencia y estrategias de control. Las estrategias de inferencia que más se emplean en sistemas expertos están basadas en la aplicación de las reglas lógicas denominadas “modus ponens” y “modus tollens”.

OBJETIVOS	CONJUNTO DE POSIBLES VALORES
¿Usted presenta orina constante? (OC)	{si, no}
¿Usted presenta pérdida de peso inexplicable? (PP)	{si, no}
¿Usted presenta hinchazón en extremidades? (PHE)	{si, no}
¿Usted presenta Entumecimiento de manos y pies? (EMP)	{si, no}
¿Usted presenta hambre excesiva? (HE)	{si, no}
¿Usted presenta Aumento de fatiga y debilidad? (AFD)	{si, no}
¿Usted presenta perdida de equilibrio o mareo? (PEM)	{si, no}
¿Usted presenta dolor de cabeza? (DC)	{si, no}
¿Usted presenta ojos amarillos? (OA)	{si, no}

Table 1: Objetos y posibles valores para el diagnóstico de diabetes tipo II.

REGLA 1
Si OC=Verdadero PP=Verdadero PHE=Falso EMP=Verdadero HE=Verdadero AFD=Verdadero PE=Falso DC=Falso OA=Falso Entonces Diabetes=Verdadero

REGLA 2
Si OC=Falso Entonces Diabetes=Falso

REGLA 3
Si PP=Falso Entonces Diabetes=Falso

REGLA 4
Si EMP=Falso Entonces Diabetes=Falso

REGLA 5
Si HE=Falso Entonces Diabetes=Falso

REGLA 6
Si HE=Falso Entonces Diabetes=Falso

REGLA 7
Si AFD=Falso Entonces Diabetes=Falso

REGLA 8
Si HE=Falso Entonces Diabetes=Falso

REGLA 9
Si AFD=Falso Entonces Diabetes=Falso

El motor de inferencia usa ambos para 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. Los datos iniciales se incrementan incorporando las nuevas conclusiones. Por ello, tanto los hechos iniciales o datos de partida como las conclusiones derivadas de ellos forman parte de los hechos o datos de que se dispone en un instante dado. Para obtener conclusiones, los expertos utilizan diferentes tipos de reglas y estrategias de inferencia y control (véase, por ejemplo, Durkin ). En el resto de esta sección se discuten las reglas de inferencia

- Modus Ponens,
- Modus Tollens,

y las estrategias de inferencia

- Encadenamiento de reglas,
- Encadenamiento de reglas orientado a un objetivo,

que son utilizadas por el motor de inferencia para obtener conclusiones simples y compuestas.

### **Encadenamiento de Reglas**

Esta estrategia es la más utilizada para obtener conclusiones compuestas, puede utilizarse cuando las premisas de ciertas reglas coinciden con las conclusiones de otras. Cuando se encadenan las reglas, los hechos pueden utilizarse para dar lugar a nuevos hechos. Esto se repite sucesivamente hasta que no pueden obtenerse más conclusiones. El tiempo que consume este proceso hasta su terminación depende, por una parte, de los hechos conocidos, y, por otra, de las reglas que se activan.

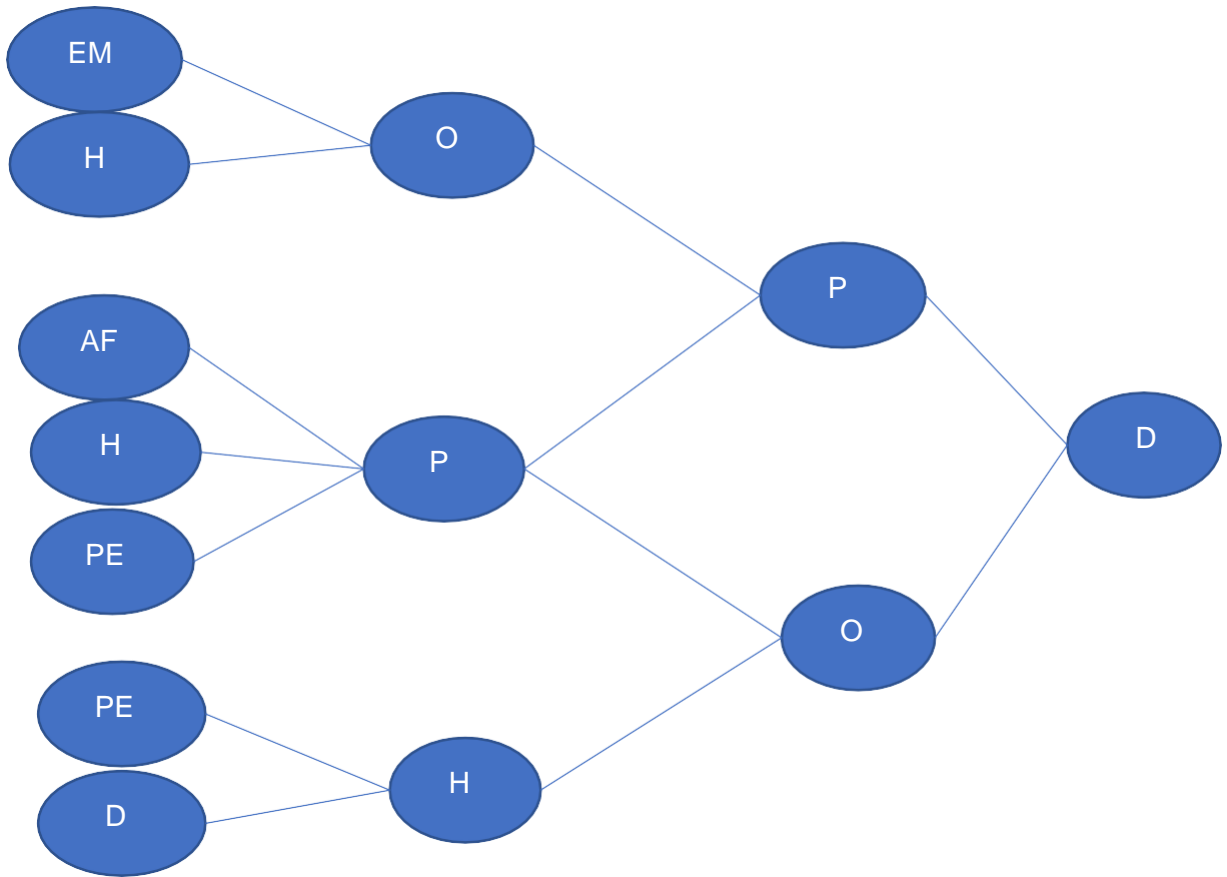


Figura Nº 12 Encadenamiento de reglas

## C) Implementación

### Especificación de los Casos de Uso del Sistema Experto

#### 1. Registrar Síntoma

Caso de Uso	Registrar Síntomas	
Código	CU01	
Objetivo	Permite al usuario registrar nuevos síntomas (conocimiento) al sistema para mejorar la probabilidad de diagnosticar la diabetes tipo II.	
Precondición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe de estar logueado.</li> <li>• El usuario accede a las opciones del Sistema de acuerdo al perfil del usuario.</li> </ul>	
Post Condición	Los datos del síntoma quedan registrados en el sistema.	
Actores	Usuario	
Flujo Principal	Pasos	
	1.	El usuario hace click en el menú Registrar Síntoma.
	2.	El sistema muestra el formulario de registro.
	3.	El usuario ingresa la descripción, abreviación, probabilidades y elije antecesor del síntoma, luego hace click en botón Diagnosticar.
	4.	El sistema Diagnostica si tienes o no, la diabetes tipo II.
Extensión	Acción	
	4.	Síntoma positivo o negativo.
Frecuencia	Poco frecuente	
Performance	Alta	
Prioridad	Alta	

Tabla N° 22 Caso de Uso: registrar síntomas

## Especificación de los Casos de Uso del Sistema Experto

### 2. Obtener Diagnostico

Caso de Uso	Obtener Diagnostico	
Código	CU02	
Objetivo	Permite al usuario realizar el diagnostico al paciente, mediante la elección de los síntomas que presente el paciente.	
Precondición	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El usuario debe de estar logueado.</li> <li>• Debe llenar todos los campos necesarios para el previo diagnostico.</li> </ul>	
Post Condición	No Aplica	
Actores	Usuario	
Flujo Principal	Pasos	
	1.	El usuario hace click en el menú Registrar Síntoma.
	2.	El sistema muestra el formulario de registro.
	3.	El usuario completa todos los campos correspondientes.
	4.	El sistema muestra el resultado del diagnóstico, mediante un mensaje mostrando la probabilidad.
Extensión	Acción	
	4.	Síntoma positivo o negativo.
Frecuencia	Frecuente	
Performance	Alta	
Prioridad	Alta	

Tabla N° 23 Obtener diagnostico

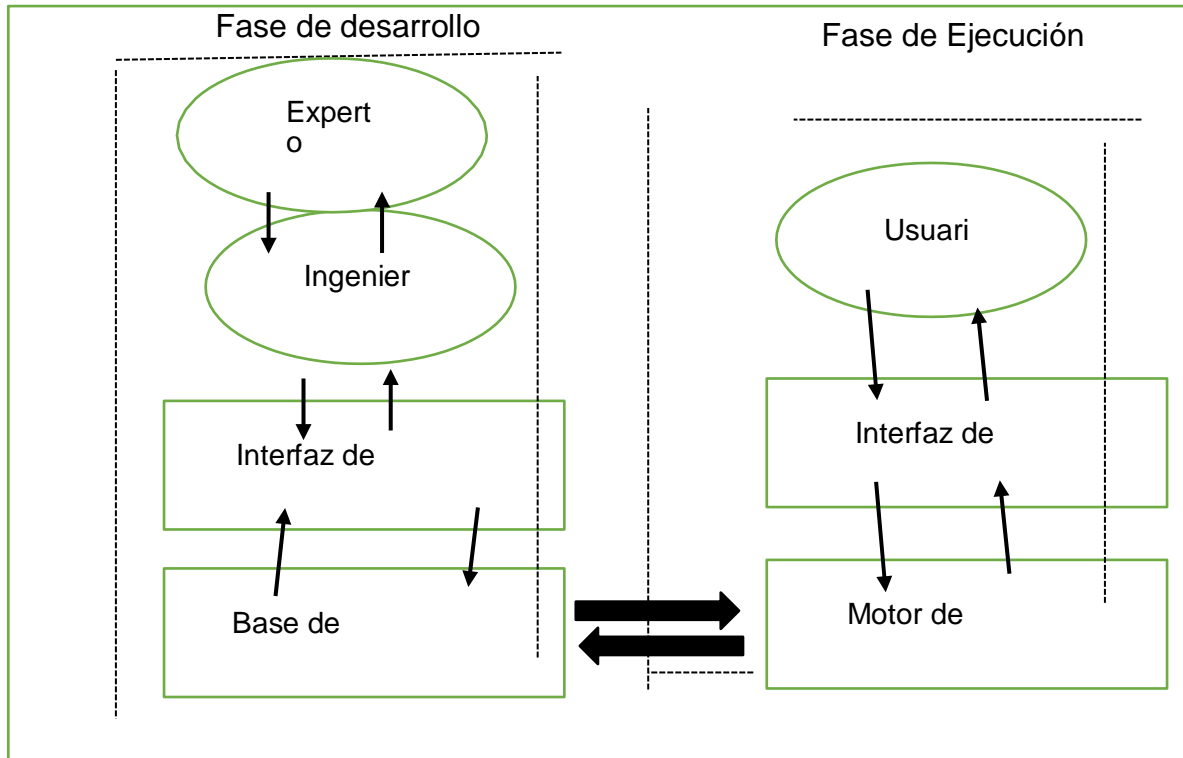
### Selección de la Herramienta de Desarrollo

Para el desarrollo de este sistema se ha decidido utilizar NetBeans Java como lenguaje de programación, facilitando la construcción del mismo mediante el entorno de desarrollo NetBeans en su versión 7.4. Para la creación del encadenamiento de reglas y el motor de inferencia se utilizó la librería Smile.jar, esta librería proporciona los algoritmos y métodos necesarios para realizar la propagación de la evidencia y así obtener el resultado del diagnóstico.



# Arquitectura del sistema

Figura N° 13 Arquitectura del Sistema



Elaboración: Propia

## **D) Validación**

La computadora de los usuarios (Cliente), debe cumplir con los siguientes requerimientos:

El servidor debe cumplir con los siguientes requerimientos: Memoria RAM 8 GB o superior, procesador de 4 núcleos o superior, así como tener instalado todo el software señalado anteriormente.

### Módulos e Interfaz de Usuarios

El sistema experto desarrollado presenta dos módulos los cuales aparecen en el menú de la pantalla principal:

**Síntoma:** su función es administrar la base de conocimiento del sistema experto.

**Diagnóstico:** su función es obtener el diagnóstico del paciente en base al registro de sus síntomas; el resultado que se muestra es la probabilidad de que el paciente presente Diabetes tipo II.

**Módulo Síntoma:** Este módulo cuenta con 1 opción:

**Consultar Síntoma. Agregar Síntoma** Esta opción permite al usuario ingresar nuevos síntomas a la base de conocimiento del sistema experto para optimizar así su razonamiento probabilístico, logrando que el diagnóstico sea más exacto.

**Consultar Síntoma** Esta opción permite al usuario conocer los síntomas que han sido agregados en el sistema experto con sus respectivos atributos. Al lado de cada registro se muestra el botón, con el cual se puede editar las probabilidades de los síntomas (parámetros), con el fin de mejorar el resultado del diagnóstico (inferencia).

**Motor de Inferencia:** Algoritmo de propagación de evidencia en redes con forma de árbol.

## Anexos 14

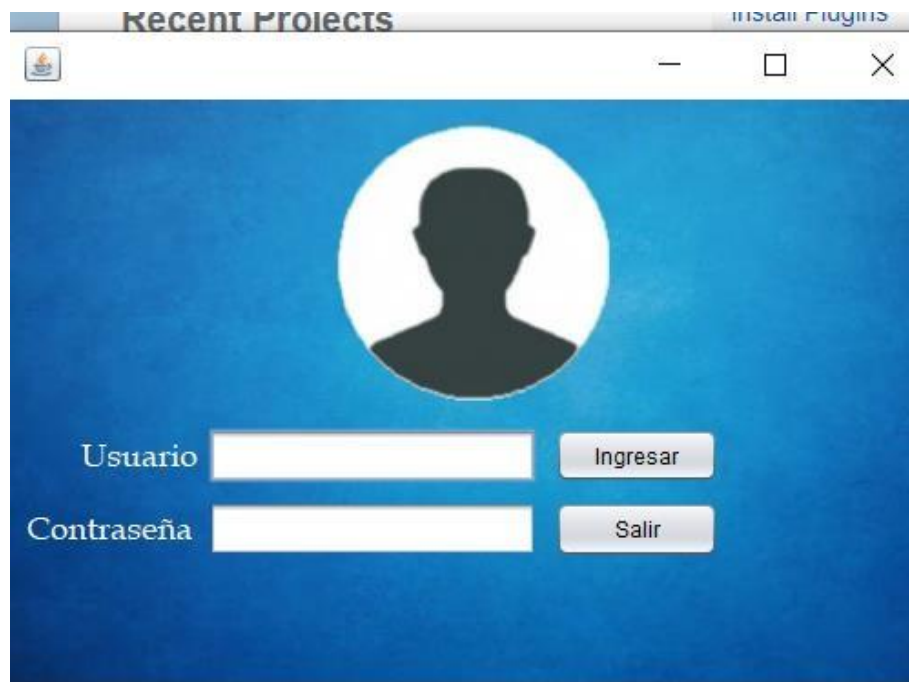


Figura N° 14 Inicio de sesión

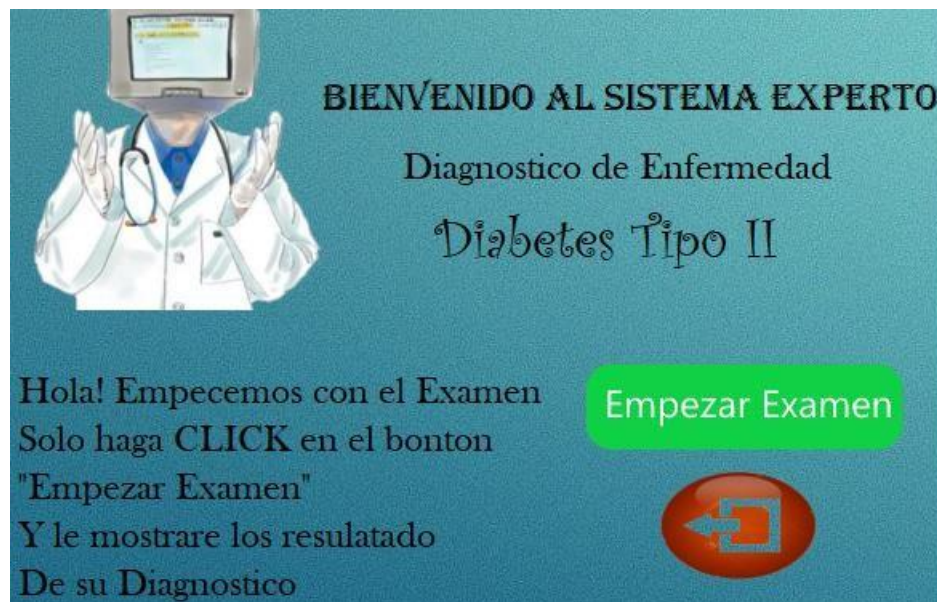


Figura N° 15 Menú

Bien! Empecemos con el Examen  
 Ingrese Sus Datos Completos

Nombre:  Edad:

Apellido Paterno:  Sexo:  Masculino

Apellido Materno:   Femenino

Responda Los Siguients Sintomas

1. ¿Consumo alimentos con alto contenido de grasa?  SI  NO
2. ¿Ha tenido aumento de apetito?  SI  NO
3. ¿Ha tenido mucha sed últimamente?  SI  NO
4. ¿Ha tenido ganas frecuentes de orinar?  SI  NO
5. ¿Ha experimentado fatiga y debilidad en las últimas semanas?  SI  NO
6. ¿Ha tenido usted problemas en los riñones o de las vías urinarias?  SI  NO
7. ¿Ha tenido usted dificultad en la visión o trastornos de la vista?  SI  NO
8. ¿Ha sentido hormigueo en alguna parte de su cuerpo?  SI  NO
9. ¿Ha sentido entumecimiento en los manos o pies?  SI  NO
10. ¿Ha presentado dolor en manos o pies?  SI  NO
11. ¿Has perdido peso en lo últimos días?  SI  NO
12. ¿Tienes familiares con diabetes?  SI  NO
13. ¿Ha sufrido caída de cabello en los últimos meses?  SI  NO
14. ¿Sufre de algún tipo de alergia?  SI  NO

Diagnosticar

Nuevo

Salir

Figura N° 17 Formulario De registro de síntomas

Bien! Empecemos con el Examen  
 Ingrese Sus Datos Completos

Nombre:  Edad:

Apellido Paterno:  Sexo:  Masculino

Apellido Materno:   Femenino

Responda Los Siguients Sintomas

1. ¿Consumo alimentos con alto contenido de grasa?  SI  NO
2. ¿Ha tenido aumento de apetito?  SI  NO
3. ¿Ha tenido mucha sed últimamente?  SI  NO
4. ¿Ha tenido ganas frecuentes de orinar?  SI  NO
5. ¿Ha experimentado fatiga y debilidad en las últimas semanas?  SI  NO
6. ¿Ha tenido usted problemas en los riñones o de las vías urinarias?  SI  NO
7. ¿Ha tenido usted dificultad en la visión o trastornos de la vista?  SI  NO
8. ¿Ha sentido hormigueo en alguna parte de su cuerpo?  SI  NO
9. ¿Ha sentido entumecimiento en los manos o pies?  SI  NO
10. ¿Ha presentado dolor en manos o pies?  SI  NO
11. ¿Has perdido peso en lo últimos días?  SI  NO
12. ¿Tienes familiares con diabetes?  SI  NO
13. ¿Ha sufrido caída de cabello en los últimos meses?  SI  NO
14. ¿Sufre de algún tipo de alergia?  SI  NO

Diagnosticar

Nuevo

Salir

Sistema Experto de diagnostico  
 ingeniería de sistemas

---

DIAGNOSTICO:  
 Resultado: POSITIVO

---

Paciente: kevi periche huarcaya  
 Sexo: Masculino  
 Edad: 15  
 Lo que usted presenta es DIABETES CLASE B

---

---Tratamiento:---

El tratamiento de la diabetes tipo 2 se basa en tres pilares: dieta, ejercicio físico y medición. Tiene como objetivo mantener los niveles de glucosa dentro de la normalidad, esto ayuda a minimizar el riesgo de complicaciones a la enfermedad.

Existen diferentes tipos de antidiabéticos orales, los más utilizados

- 1.-Metformina: Actúa reduciendo la liberación de glucosa del hígado
- 2.-Pioglitazona: Aumenta la sensibilidad a la insulina.
- 3.-Sulfonilureas: Estimulan al páncreas para producir más insulina riesgo de producir hipoglucemia.

Figura 16 Formulario de diagnostico